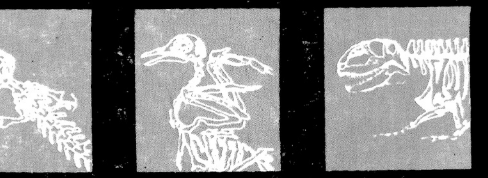
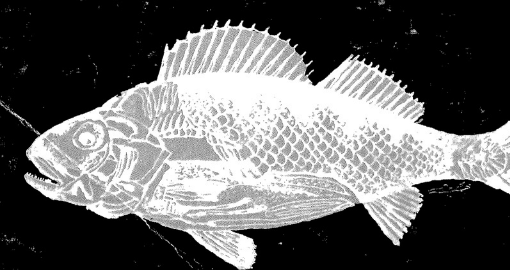
# الفقاريات

تأليف : الفريد شيروود رومر





ترجمة

الدكتور محمد أمين رشدى

الدكتور فوزى ابراهيم عامر

الدكتور عبد الحليم كامل

مراجعة

الدكتور محمد رشاد الطوبي

تقديم

الدكتور عبد العزيز سليمان

مجموعة الكتب الدراسية والمراجع الامريكية المترجمة

# الفقاريات

نشر هذا الكتاب بالإشتراك
مـع
الجمعية المصرية لنشر المعرفة والثقافة العالمية
القاهرة

# الفقاريات

تأليف

ألفريد شيروود رومر

ترجمة

الدكتور عبد الحليم كامل

الدكتور محمد أمين رشدي    الدكتور فوزي ابراهيم عامر

مراجعة

الدكتور محمد رشاد الطوبي

تقديم

الدكتور عبد العزيز سليمان

الناشر

دار نهضة مصر للطبع والنشر

الفجالة — القاهرة

هذه الترجمة مرخص بها ، وقد قامت الجمعية المصرية لنشر المعرفة
والثقافة العالمية بشراء حق الترجمة من صاحب هذا الحق .

This is an authorized translation of THE VERTEBRATE BODY by Alfred Sherwood Romer. Copyright © 1962 by W. B. Saunders Company. Published by W. B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania.

## المشتركون فى هذا الكتاب

**المؤلف : الفريد شيروود رومر** : حصل على درجة البكالوريوس من كلية امهرست سنة ١٩١٧ ، وعلى درجة الدكتوراه من جامعة كولومبيا سنة ١٩٢١ ، وعلى درجة الدكتوراه الفخرية فى العلوم من جامعة هارفارد سنة ١٩٤٩ ومن كلية امهرست سنة ١٩٥٢ ومن كلية دارثموث سنة ١٩٥٩ ، ومن جامعة بافالو سنة ١٩٦٠ ، ومن جامعة ليهاى سنة ١٩٦٣ . عمل مدرسا للتشريح بجامعة نيويورك من سنة ١٩٢١ حتى ١٩٢٣ ، ثم استاذا مساعدا لعلم الحفريات الفقارية بجامعة شيكاغو من سنة ١٩٢٣ الى سنة ١٩٣١ ، ثم استاذا من سنة ١٩٣١ الى سنة ١٩٣٤ ثم استاذا لعلم الحيوان ووكيلا لقسم الحفريات بجامعة هارفارد من سنة ١٩٣٤ الى سنة ١٩٦٥ ، ومديرا للمعامل البيولوجية من سنة ١٩٤٤ الى سنة ١٩٤٦ ، ومديرا لمتحف علم الحيوان المقارن ( متحف اجاسيز ) من سنة ١٩٤٦ الى سنة ١٩٦١ ، ثم استاذ الكساندر اجاسيز لعلم الحيوان من سنة ١٩٤٧ الى سنة ١٩٦٥ ، ورئيسا للمؤتمر الدولى لعلم الحيوان سنة ١٩٦٣ . وهو عضو فى عدد كبير من الجمعيات العلمية من بينها الأكاديمية الوطنيــة للعلوم ، والجمعيــة الأمريكية لعلماء علم الحيوان ، وجمعية تصنيف علم الحيوان ، وجمعيــة الحفريات الفقارية ، والجمعية الجيولوجية الأمريكية ( زميل ) . والجمعية الأمريكية لعلماء التشريح ، وجمعية علماء الثدييات ، وجمعية علماء الطبيعة، والاكاديمية الأمريكية للفنون والعلوم ، وعضو فى الجمعية الملكية بلنــدن ، بالاضافة الى جمعيات اخرى فى كل من الأرجنتين والهند والمانيا . حصل على عدة ميداليات من عدة هيئات ، من بينها الاكاديمية الوطنية للعلوم ، والجمعية الجيولوجية الأمريكية ، واكاديمية العلوم الطبيعية بفيلادلفيا ، وجمعية الحفريات .

## المترجمون :

الدكتور عبد الحليم كامل - استاذ كرسى علم الحيوان التجريبى بكلية العلوم بجامعة عين شمس تخرج فى جامعة القاهرة سنة ١٩٣٨ وحصل على درجة الماجستير والدكتوراه فى فلسفة علم الحيوان من نفس الجامعة . عين مدرسا بجامعة القاهرة ثم استاذا مساعدا بكلية العلوم بجامعة عين شمس ثم استاذا لعلم الحيوان التجريبى . سافر الى انجلترا فى بعثة دراسية سنة ١٩٥٢ لزيارة الجامعات المختلفة . عمل استاذا بكلية العلوم بجامعة الرياض فى عامى ١٩٦٢ ، ١٩٦٣ . قام بتاليف « اطلس الحيوان » وكتاب « القرآن الكريم والعلم الحديث » الذى اصدره المجلس الأعلى للعلوم الاسلامية . اشرف على كثير من رسائل الماجستير والدكتوراه فى مجالات علم الاجنة والأجنة التجريبى . يشترك بكتابة مقالات شهرية فى مجلة « منبر الاسلام » له بحوث عديدة منشورة فى علم الحيوان . قام بترجمة كتابى : « كتابك الاول عن الثعابين » و « كل شىء عن الثعابين » وهما من الكتب التى نشرتها هذه المؤسسة .

الدكتور محمد امين رشدى - استاذ علم الحيوان المساعد بكلية العلوم بجامعة عين شمس . حصل على درجة البكالوريوس فى العلوم بتقدير ممتاز مع مرتبة الشرف الاولى من جامعة عين شمس سنة ١٩٥٣ ، وعلى درجة الماجستير من الجامعة ذاتها فى سنة ١٩٥٧ ، وعلى درجة الدكتوراه فى فلسفة العلوم من مدرسة الصحة وطب المناطق الحارة بجامعة لندن سنة ١٩٦٢ . عضو بجمعيات علمية مختلفة فى الجمهورية العربية المتحدة وانجلترا . اسهم فى تاسيس كلية العلوم بجامعة البصرة بالعراق والتدريس بها فى الفترة من سنة ١٩٦٥ الى سنة ١٩٦٨ . له بحوث عديدة فى مجال الطفيليات وميادين اخرى فى علم الحيوان .

الدكتور فوزى ابراهيم عامر . عضو هيئة التدريس بقسم علم الحيوان بكلية العلوم بجامعة عين شمس . تخرج فى كلية العلوم جامعة عين شمس سنة ١٩٥٤ ، وحصل على درجة الماجستير فى العلوم فى علم الحيوان « التشريح المقارن » سنة ١٩٥٨ ، ثم سافر فى اجازة دراسية الى معهد الوراثة الحيوانى بادنبرة وحصل على درجة الدكتوراه فى الاجنة وعلم الاجنة التجريبى سنة ١٩٦٤ . اسهم فى تاسيس جامعة البصرة بالعراق وقام بالتدريس بكلية العلوم بها فى المدة من سنة ١٩٦٥ الى سنة ١٩٦٨

**المراجع :** الدكتور محمد رشاد الطوبى ـ استاذ علم التشريح ورئيس قسم الحيوان بكلية العلوم جامعة القاهرة. تخرج فى كلية العلوم جامعة القاهرة سنة ١٩٣٢ ، وحصل على الماجستير من نفس الجامعة ، حصل على درجة الدكتوراه من جامعة لندن سنة ١٩٤٠ . يعمل منذ عدة سنوات فى لجان مجمع اللغة العربية التى تقوم بترجمة المصطلحات العلمية ، كما قام منفردا وبالاشتراك مع آخرين بتاليف كثير من الكتب الخاصة بنشر الثقافة العامية باللغة العربية أو ترجمتها او مراجعتها ، ومعار فى الوقت الحالى لجامعة الرياض .

**صاحب المقدمة :** الدكتور عبد العزيز سليمان ، عميد كلية العلوم بجامعة عين شمس ، واستاذ ورئيس قسم الحشرات بها . حصل على بكالوريوس العلوم درجة خاصة بمرتبة الشرف سنة ١٩٤٢ من جامعة القاهرة ، وعلى ماجستير فى العلوم سنة ١٩٤٦ من الجامعة نفسها ، ثم على دكتوراه الفلسفة فى العلوم ( الحشرات ) من جامعة مينسوتا بأمريكا سنة ١٩٥٠ ، وهوعضوجمعية Sigma XI الأمريكية ، وعضو جمعيات الحشرات المصرية والأمريكية ، وعضو جمعية الطفليات ، والشعبة القومية للعلوم البيولوجية ، ولجنة مكافحة الآفات الزراعية وعضو اللجنة الدائمة لفحص الانتاج العلمى لأساتذة الجامعات . له أكثر من ستين بحثا علميا فى مجالى علم الحيوان والحشرات منشورة فى المجلات المحلية والأجنبية . اشرف على العديد من الرسائل العلمية التى منح عنها تلاميذه درجات الماجستير والدكتوراه . مشترك فى بحث عالمى عن ابادة الملاريا مع منظمة الصحة العالمية . مشرف على بحوث دودة القطن بالاشتراك مع وزارة الزراعة عمل خبيرا للحشرات بمنظمة الصحة العالمية فى مشروعات ابادة الملاريا بسوريا والعراق والسودان فى السنوات من ١٩٥٧ الى ١٩٥٩ بالاعارة من جامعة عين شمس . مقرر لجنة البحث العلمى باللجنة المركزية . ومقرر لجنة الدراسات العليا والبحوث بكلية العلوم بجامعة عين شمس ، وعضو لجنة الدراسات العليا والبحوث بجامعة عين شمس . اشترك فى ترجمة كتاب « مقدمة فى دراسة الحشرات » الذى نشرته هذه المؤسسة .

**مصمم الغلاف :** الأستاذ/ محمد محمود – معيد بقسم الإعلان وفن الكتاب – كلية الفنون التطبيقية بالقاهرة

## محتـــويات الـــكتاب

صفحة



## لماذا هذا الكتاب

اتجهت الدولة الى تعريب الدراسة فى الكليات غير النظرية التى درجت على تدريس مقرراتها واستخدام المراجع اللازمة لهذه الدراسة باللغة الأجنبية ، كما اتجهت الى الأفادة الى اقصى حد من الامكانيات المتاحة لنقل خير المراجع الأجنبية الى اللغة العربية بواسطة الكفايات العربية المتخصصة فى الترجمة والمراجعة .

ولقد اختارت الجهات العلمية والتعليمية والثقافية الكثير من الكتب لترجمتها فى مختلف فروع العلوم كالكيمياء ، والطبيعة ، والجيولوجيا ، والرياضيات ، والنبات ، والزراعة ، والأحياء ، والحشرات ، والاجتماع ، والتاريخ ، والتربية ، والآلات ، والكهرباء ، والتوجيه المهنى ، والفنون ، والمسرحيات ، والمعادن ، والمحركات ، والاقتصاد المنزلى ، والطب ، والتصوير .. الخ .

والكتاب الذى بين أيدينا « علم الفقاريات » جاء وليد دراسات متصلة بين الهيئات العلمية فى الجمهورية العربية المتحدة والهيئات العلمية التى نبت بينها الكتاب . وهو من الكتب التى طلبها للترجمة المجلس الأعلى للعلوم ( سابقا ) ، باعتباره مرجعا يفيد منه الطلاب والباحثون فى كليات العلوم والطب البيطرى والمعلمين وقد اختير لترجمته الدكتور محمد أمين رشدى أستاذ علم الحيوان المساعد بكلية العلوم بجامعة عين شمس ( قام بترجمة الفصول الأول والثانى والرابع والسابع ) والدكتور فوزى ابراهيم عامر عضو هيئة التدريس بكلية العلوم بجامعة عين شمس ، ( قام بترجمة الفصول الثالث ، والتاسع ) ، والدكتور عبد الحليم كامل ، أستاذ كرسى علم الحيوان التجريبى بكلية العلوم بجامعة عين شمس ، ( قام بترجمة الفصول الخامس والسادس ومن العاشر حتى السابع عشر بالاضافة الى الملاحق ) ، كما اختير لمراجعته الدكتور محمد رشاد الطوبى أستاذ علم التشريح ورئيس قسم الحيوان بكلية العلوم بجامعة القاهرة ، وذلك لما لهم جميعا من خبرة ودراية فى هذا المجال .

والكتاب يتناول دراسة تاريخ الجسم الفقارى بصورة مختصرة ، على أساس التشريح المقارن ودراسة التراكيب الفقارية المختلفة ، ويعالج فيما يعالج دراسة الأعضاء والأجهزة المختلفة لجسم الفقاريات والتركيب العام للجسم الفقارى ، وتاريخ تطور الفقاريات والحيوانات القريبة منها ، كما يتناول شرح الخلايا والأنسجة ، والتكوين الجنينى للفقاريات .

ويمتاز الكتاب الذى نحن بصدده بعمق المادة وتنوع الموضوعات ووضوح الأشكال التى تغنى عن الشرح والايضاح بالاضافة الى ان المؤلف يعتبر من أساطين هذا العلم فى الوقت الحاضر .

وليس ثمة جدال فى أن ابناءنا الطلاب سوف يفيدون من هذا المرجع الوافى بعد أن تم نقله الى اللغة العربية خدمة للدارسين والقراء بوجه عام .

## تقديم

بقلم

الدكتور عبد العزيز سليمان

ان للانسان فى تكوين جسمه وتركيبه ، وتكوين وتركيب اجسام سائر الكائنات الحية لعبرة . أن ذلك التكوين وكيفية اداء أجهزة جسم هـــذه الكائنات الحية لوظائفها ليعجز عنه كل وصف . انها بلا شك قوة خارقة ، تلك التى ابدعت التكوين ، والتى الهمت كلا منها اداء وظيفتها على الوجـــه الذى يقف عاجزا عن وصفه كل بيان . انها من صـنع الله خالق كل شىء ومبدعه صنعا .

ومع أن جميع الكائنات تشترك فى هذا الاعجاز والابداع ، الا انها كذلك تتفاوت من حيث البساطة والتعقيد فى التركيب وفقا لتدرج نشاتها وخلقها وظهورها على وجه البسيطة وتوافقها مع البيئــة التى تعيش فيها . وقـد استخدم الانسان ما وهبه الله اياه من مقدرة على الادراك وامكان استفادته من ملاحظاته ، وخبراته المكتسبة ، فتوفر على دراسة ما حوله من كائنات لمعرفة طباعها ، والحصول على فوائدها ، وتجنب المضار منها .

وقد تعمقت دراسات الانسان على مر الزمان ، ومع توافر الامكانيات ، وتقدم الحضارة ، توسعت دراساته فشملت ما خفى عليه بالنسبة لهـــذه الكائنـــات ، سـواء فى تركيبها الخارجى والداخلى ، أو فى اسلوب معيشتها وكيفية تعايشها مع غيرها من المخلوقات .

وكلما تقدم الانسان علما ومعرفة ازدادت دراساته وضوحا وعمقا .

والدراسات التى يقوم بها العلماء فى كل مجال يقدمون حصيلتهـــا للأجيال المتعاقبة فتكون لهم بمثابة ذخيرة للتقدم والتطور العلمى على مر العصور .

وكتابنا الحالى ثمرة من ثمرات دراسة وخبرة الانســـان المصرى ، العالم المتخصص فى مجال علم الفقاريات ــ توفر فيه مؤلفه على كشف الكثير مما خفى من التكوين والتركيب لمجموعة من اهم المجموعات الحيوانيـــة ؛ الا وهى مجموعة الفقاريات ــ وجاءت ابواب الكتاب فى سرد سهل للحقائق

وتيسير للمعرفة زاد ما لمادته العلمية من قيمة ، واضفى على هذا المرجع صفة الأهمية البالغة للعاملين فى هذا المجال .

وقد جاء الكتاب فى سبعة عشر فصلا ، اتى فيه المؤلف على جميع ما يحتاج اليه المشتغل بالفقاريات من معلومات .

واشتمل الكتاب على ايضاح تام للتخطيط العام لتركيب جسم الحيوان الفقارى ووصف لمكوناته العامة ، وملاءمة كل هذه المكونات لنوع الوظيفة التى يؤديها ، واثر البيئة فى اختلاف وتحور هذه المكونات .

ومن بين ما اشتملت عليه أبواب الكتاب من بيانات ومعلومات ايضاح لاصل الفقاريات وشجرة النسب للمجموعات الرئيسية للافقاريات ، كاسلاف للفقاريات . وقام بجولة فى السجل الجيولوجى للفقاريات وسجل تصنيفا لها ، وسرد الاسس التى بنى عليها هذا التصنيف وقام بوصف لميزات كل مجموعة من اقسامها ، مع ايضاح لاوجه الشبه والخلاف بين هذه المجموعات . وقسم الفقاريات الى طوائفها المختلفة ، وتدرج فى تقسيم هذه الطوائف الى اقسام ومجموعات لكل منها مميزاتها وصفاتها الاصيلة التى تحدد علاقتها بغيرها من الاقسام والتى تؤكد كيانها كمجموعة متناسقة . وتناول بالشرح تركيب الفقاريات الأولية بسيطة التركيب ، ونصف الحبولات ، والحبولات الدنيا .

وتناول المؤلف وصف الخلايا والانسجة التى تدخل فى تركيب جسم الفقاريات ، كما ذكر المواد والمركبات الكيماوية الموجودة فيها ، والتى هى عماد اداء الأعضاء والأجهزة لوظائفها الحيوية .

وناقش الكتاب التكوين الجنينى المبكر للفقاريات ، فاتى على وصف لنواع البيض ، وشرح النمو الجنينى من البيضة حتى تميز اعضاء واجهزة الجسم المختلفة . وشرح كذلك انواع خلايا الجسم والطبقيات الخلوية الأولية فى بعض الفقاريات النموذجية متدرجا فى وصف كل ذلك الى الفقاريات الراقية المتقدمة التكوين . وتوفرت ابواب الكتاب على تناول موضوعات شائقة من ابرزها ما جاء خاصا بتركيب جلد الحيوانات الفقارية ووصف لطبقتيه ، السطحية وهى البشرة الاكتودرمية ، تليها الطبقة الميزودرمية وهى الادمة . واوضح التحورات المختلفة فى الطوائف الفقارية المختلفة ، كالتفلطات والانتفاخات كوسائد الاقدام فى كثير من الحيوانات الارضية

كالثدييات ، والقشور فى الزواحف، وعلى أرجل الطيور ، وذيول الثدييات ــ وخاصة القوارض ــ وكالمخالب والاظافر والقرون والريش والشعر والغدد المختلفة ، وكذلك اوضح ما ينشأ فى الادمة من تراكيب كالدهن والاليــاف والحبيبات الملونة وغيرها .

وتلا ذلك وصف للأنسجة الدعامية والهيكل العام للفقاريات وتركيب الحبل الظهرى والانسجة الضامة ، كما تناول شرحا تفصيليا لتركيب العظم والمفاصل ، واتى على تصنيف العناصر الهيكلية ، واوضح تركيب الفقرات والضلوع والقفص ومحفظة المخ والهيكل الطرفى والزعانف والهيكل الحشوى بما فى ذلك الاقواس الخيشومية فى الاسماك . وجاء فيه كذلك إسهاب محمود فى تركيب ومكونات الجماجم الفقارية ، ومنها البدائية للبرمائيات وجمجمة الاسماك العظمية والعلبة المخية للثدييات .

وتناول شرح الجهاز العضلى ، ومكونات الالياف ، وتقسيم الانسجــة العضلية ، وعمل الاعضاء الكهربية فى بعض الحيوانات .

ولمس وصف تجاويف الجسم وتكوين السيلوم وتركيبه فى الجنين المبكر، وتجويف التامور ، والتجويف العام للجسم ، وللجيوب الرئوية ، وللسيلوم فى الطيور والثدييات .

واوضح كذلك تركيب القناة الهضمية ومكوناتها بما فى ذلك الفــم والبلعوم وتجاويفهما ومشتقاتهما وما فيهما من مكونات كالخياشيم والاسنان والفكوك فى كل من الفقاريات الدنيا وتلك المتقدمة فى التكوين . وتناول وصف الرئات فى مختلف الحيوانات ، ولم يقف المؤلف عند حد الوصف التركيبى بل تعداه لشرح وظائف الاعضاء ، فتناول بالوصف وظائف الجهاز الهضمى من مرىء ومعدة وامعاء وملحقات كالكبد والبنكرياس .

وتوالت ابواب الكتاب تتناول كل منها موضوعا مشوقا ، ومن هـــذه الموضوعات دراسة ووصف للجهاز الاخراجى والتناسلى بما فى ذلك الأعضاء البولية وتحورات تراكيبها فى الفقاريات ، وكيفية نمو المناسل من مبايض وخصى وتركيب ووظائف كل من مكوناتها . وتناول الجهاز الدورى ووظائفه فى الطوائف الفقارية من الدنيا للمتقدمة منهـــا ، وشرح للدم ومكوناته ، والانسجة المكونة للدم والأوعية الدموية والأجهزة الدموية المختلفة ، وكذلك

الأوعية الليمفاوية وشرح للقلب وتكوينه وتطور الدورة الدموية المزدوجة فيـــه .

واهتم الكتاب بتناول أعضاء الحس والأعصاب الحسية وحواس الذوق والشم والبصر والسمع ؛ كل ذلك جاء شرحه بأسلوب مقارن بين طوائف الفقاريات ووصف للجهاز العصبى وعناصره ، وشرح للخلية العصبيـــة والألياف العصبية واشتباكاتها وقوس الانعكاس والأعصاب الشوكيـــة والجهاز العصبى الحشوى والجهاز العصبى الذاتى والأعصاب المخيـة ـــ وشرح الجهاز العصبى المركزى وعناصره الاضافية ووصف للحبل الشوكى والمخ وتراكيبه المختلفة بأسلوب مقارن ايضا . واختتم المؤلف الكتاب بوصف لأعضاء الغدد الصماء بما فى ذلك وصف الجسم السفلى المخى ، والغـــدد جارات الدرقية ، والغدد الدرقية ، والجزر البنكرياسية ، والأنسجة بين الكلوية وقشرة الكظر والنسيج المحب للاصباغ ونخاع الكظر وذيل النخامية ، وتناول شرح الأنواع المختلفة من الافرازات الهرمونية واثرها فى نشـــاط الحيوانات الفقارية .

وقد جاء ترتيب فصول الكتاب بأسلوب علمى شائق وتسلسل منطقى يزيد القارىء تشوقا لاستيعاب ما شمله من معلومات قيمة شملت كل ما يهم المهتمين بالفقاريات .

وقد جاء الكتاب بمثابة موسوعة علمية هامة فى مجال علم الفقاريات . وان هذا الكتاب وان كان قد اهتم اساسا بعلم الفقاريات حيث تنـــاول فى جميع ابوابه دراسة تفصيلية مقارنة استوعبت طوائف الفقاريات من ادناها لارقاها واكثرها تقدما ، فانه قد اشتمل كذلك فى كثير من ابوابه على مقارنة الفقاريات بحيوانات اخرى ، وخاصة اللافقاريات .

ومما لا شك فيه ان فيما شمله الكتاب من دراسة موسعة انعكاسا مباشرا على حياة الانسان ذاته ؛ فالدراسات فى علم الفقاريات تكشف عن أسرار فى التركيب ، وأداء الوظيفة ، قد تميط اللثام عن كنه مثيلاتها فى جسم الانسان . كما ان المعرفة فى بعض مجالات حياة الفقاريات قد تمكن الانسان

من الافادة من الكثير منها اقتصاديا ، وقد تؤتى مثل هذه الدراسات وتطبيقاتها الكثير من الخير للبشرية بالاضافة للفائدة العلمية المباشرة لما شمله الكتاب من معلومات .

ويعتبر هذا الكتاب مرجعا لا غنى عنه للمشتغلين بعلم الحيوان عامة وبعلم الفقاريات خاصة .

وجاء نقل مادة الكتاب لقراء اللغة العربية بواسطة مجموعة من الزملاء الأكفاء فى دقة وامانة تجعل من الكتاب فى صورته المترجمة ذخيرة علمية قيمة واضافة هامة الى المكتبة العلمية فى العالم العربى .

وانني لاتوقع ان يلقى هذا الكتاب كل تقدير من الزملاء المشتغلين بعلم الفقاريات .

وارجو أن تتزود به مكتباتنا العلمية ، وان يتسع انتشاره حتى تعم فائدته بين العلميين من علماء ، وطلاب علم ، والدارسين ، والباحثين ، على السواء .

د . عبد العزيز سليمان

الفصل الأول

# مـــقـــدمـــة

يتناول هذا الكتاب دراسة تاريخ الجسم الفقارى بصورة مختصرة ، على اساس التشريح المقارن ودراسة التراكيب الفقارية المختلفة . وجدير بالملاحظة ان التحورات التى نلمسها فى تراكيب جسم الفقاريات مرتبطة بصورة عامة بالتغيرات الوظيفية التى تعترى هذه الحيوانات ، وهى تغييرات متمشية مع الاختلافات البيئية المحيطة وطرق المعيشة المختلفة التى تمارسها الفقاريات فى تاريخها الطويل . وقصة تطور الفقاريات مفهومة بوضوح اكثر من تطور اية مجموعة أخرى من الحيوان . كما ان تاريخها معروف تماما وهو يلقى الضوء على الكثير من الأسس البيولوجية العامة . ولذا فالالمام بتركيب هذه الحيوانات هام جدا بالنسبة للمشتغلين فى الافرع المختلفة لعلوم الحياة . كما ان مثل هذه الدراسة تعطى لدارس الطب مفهوما واسعا لطبيعة وتكوين أحد انواع الحيوان الذى سوف تتركز عليه دراسته .

وتتناول الفصول ٦ ــ ١٧ من الكتاب دراسة الأعضاء والأجهزة المختلفة لجسم الفقاريات ، أما الفصل الأول فيستعرض بصفة عامة التركيب العام للجسم مع استعراض لبعض المسائل الهامة ، ويحتوى الفصلان الثانى والثالث على تاريخ تطور الفقاريات والحيوانات القريبة لها . ويتناول الفصل الرابع شرح الخلايا والانسجة كتراكيب اساسية فى الجسم . أما الفصل الخامس فيختص بالتكوين الجنينى للفقاريات .

## تخطيط جسم الحيوان الفقارى

**التماثل الجانبى :** تمتاز الحيوانات الفقارية عامة بوجود تماثل جانبى لجسمها ؛ فالجانب الواحد للجسم ما هو الا صورة معكوسة للجانب الآخر . والتماثل الجانبى صفة ظاهرة ايضا فى كثير من الحيوانات اللافقارية ؛ مثل الحلقيات ، ومفصلية الأرجل (كالقشريات ، والعنكبيات والحشرات وغيرها) . غير ان هنالك مجموعات اخرى مثل الجوفمعويات وشوكية الجلد لها تماثل شعاعى مختلف تماما عن التماثل الجانبى ؛ اذ تتشعع اجزاء الجسم من محور مركزى . وتتوقف درجة نشاط الحيوان على نوع التماثــل فى جسمه .

فالجوفمعويات وشوكية الجلد الشعاعية بطيئة عادة فى حركتها ، ومعظمها مثبت فى القاع ، وان كانت هناك انواع طافية او هائمة فى الماء ؛ فهى تفضل ان تترك نفسها لفعل تيار المـاء عن أن تكون سباحة نشطة . أما الفقاريات ومفصلية الأرجل والحلقيات البحرية فهى على العكس حيوانات نشطة ، ويبدو ان هذا النشاط هو احد العوامل التى ساعدت على نجاح الفقاريات، وانتشارها .

**مناطق الجسم** : فى اى حيوان له تماثل جانبى نجد الجسم مقسما الى مناطق متتالية ؛ ففى الحلقيات ، مثلا ، ينقسم الجسم الى عقل متتاليـــة رتيبة ، اما فى الحشرات فهناك اندغام لبعض العقل لتكون الراس ، والصدر والبطن . وللفقاريات أيضا مناطق محددة فى الجسم ، بالرغم من عدم امكان مقارنتها بمناطق جسم الحيوان اللافقارى .

وللفقاريات منطقة **راس** على درجة عالية من التركيز والتخصص ؛ فهى تشمل اعضاء الحس ، والمراكز الرئيسية للأعصاب كالمخ ، وفما له تراكيب خاصة متصلة به ؛ وفيها كما فى اى حيوان له تماثل جانبى ـ نجد اتجاها كبيرا الى تكوين منطقة راس تضم تراكيب لها وظائف خاصة ؛ مركـزة فى الجزء الأمامى من الجسم .

ولكل الفقاريات العليا التى تعيش على اليابســـة ، **عنق** يقع خلف الرأس مباشرة ويصلها بالجسم ، ويساعد على حركتها ، ففى الفقاريات الدنيا ـ التى تتنفس فى المـاء ـ تحتل **منطقة الخياشيم** مكان العنق ، وقـــد ارتبط ظهور العنق بتحول الحيوان من المـاء للمعيشة على اليابسة . حيث استخدم الرئة بدلا من الخياشيم للتنفس ، ومن ثم اختزلت الخياشيم او اختفت تماما .

ويلى العنق منطقة **الجذع** ؛ وهى الجزء الرئيسى فى الجسم ، وتنتهى عند فتحة الشرج او المذرق . وفى الجذع تقع الاعضاء الرئيسية الداخلية او الاحشاء داخل تجويف سيلومى كبير . وفى الثدييات ينقسم الجـذع الى منطقتى **صدر وبطن** ، تحتوى الأولى على القلب والرئتين داخل قفص من الضلوع ، اما الثانية فتحتوى على معظم اجزاء الجهاز الهضمى واجهـزة اخرى . ولا يوجد مثل هـــذا التمييز المنطقى فى الجذع فى الفقـاريات الدنيا .

وتمتد القناة الهضمية على طول الجسم فى معظم اللافقاريات ذات التماثل الجانبى ، أما فى الفقاريات فنجد أن القناة الهضمية والأحشاء الداخلية الأخرى تنتهى قبيل نهاية الجسم بقليل ، حيث يوجد الذيل ، الذى يحتوى على امتداد من الهيكل وعلى عضلات قوية . ويعتبر الذيل المحرك الرئيسى لجسم الفقاريات البدائية التى تعيش فى الماء ، اما فى فقاريات اليابسة ، فتقل اهمية الذيل ، بالرغم من انه قوى عند قاعدته وطويل فى كثير من البرمائيات والزواحف . وفى الثدييات يظل الذيل كجزء رفيع فى نهاية الجسم ، وفى بعض الحيوانات ، كالضفادع والقردة والانسان ، يختفى الذيل تماما كتركيب ظاهر .

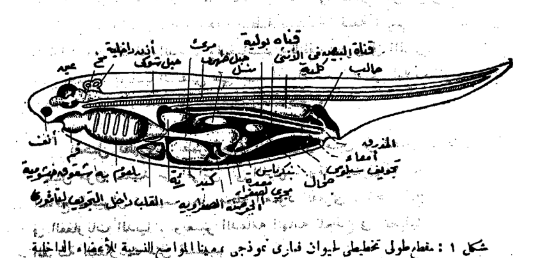
**الخياشيم :** يعتبر ظهور الخياشيم الداخلية فى صورة شقوق او جيوب مزدوجة تفتح للخارج فى منطقة البلعوم من اهم الصفات الرئيسية للفقاريات واقربائها . وفى الفقاريات العليا تحل الرئات محل الخياشيم وتقوم بوظيفتها ، الا أن الجيوب الخيشوميّة لا تزال ممثلة فى الأجنة . وفى الفقاريات المائية البدائية تقوم الخياشيم بعملية التنفس ، اما فى كثير من اللافقاريات الصغيرة فنجد اغشية لينة على السطح تساعد فى تبادل الغازات، وفى الحيوانات الكبيرة ذات الهيكل الخارجى الصلب مثل القشريات والرخويات ، حيث تكون مساحة السطح صغيرة بالنسبة للحجم ، فتظهر الخياشيم على هيئة امتدادات ريشية الشكل من سطح الجسم .

وخيشوم الفقاريات تركيب داخلى له اتصال بالقناة الهضمية ؛ فالماء يدخل البلعوم من خلال فتحة الفم . ويمر الى الخارج عن طريق الفتحات أو الجيوب الخيشومية ، وهذه مبطنة بأغشية رقيقة ، يتم خلالها تبادل الغازات بين الماء والدم . وللخياشيم وظائف أخرى فى الفقاريات الدنيا ، فهى تعمل ، بجانب التنفس على جمع الغذاء ، مما يفسر العلاقة الوثيقة بين اعضاء التنفس والقناة الهضمية فى الفقاريات .

**الحبل الظهرى :** يظهر الحبل الظهرى فى جنين كل الفقاريات على هيئة حبل مرن يمتد من الرأس الى الذيل ، وقد يختزل او يختفى فى الطور اليافع للحيوان ، حيث يحل محله العمود الفقرى . وهو لا يزال واضحا فى الفقاريات الدنيا . ويعتبر الدعامة الهامة للجذع فى الحبليات البسيطة القريبة للفقاريات مثل السهيم .

**الجهاز العصبى :** يظهر الجهاز العصبى فى كثير من اللافقاريات ذات التماثل الجانبى على هيئة حبل عصبى ، بطنى أو جانبى ، وغالبا ما يكون مزدوجا . وفى الحبليات يقع الحبل العصبى فى الناحية الظهرية لجسم الحيوان أعلى الحبل الظهرى . والحبل العصبى فى اللافقاريات مصمت ويتركب من كتل من الألياف العصبية ( وخلايا دعامية ) تمر بين عقد مزدوجة من الخلايا العصبية . أما فى الفقاريات فالحبل العصبى مجوف تمر بوسطه قناة مركزية ممتلئة بسائل ، وليست به عقد عصبية . وقد أدى تكوين الراس فى اللافقاريات المختلفة الى تركيز للمراكز العصبية فيما يشبه المخ ، أما فى الفقاريات فقد ظهر المخ بطريقة مستقلة ، فهو مجوف ايضا ، ومقسم الى اجزاء مميزة ويقع فى الطرف الأمامى الحبل الشوكى ، وقد ظهرت أعضاء خاصة للحس فى منطقة الراس ، كزوج من الأعين ، وكذلك عين وسطية بدائية وأعضاء مزدوجة للشم ، وأذنان لهما وظيفة بدائية للتوازن .

**الجهاز الهضمى :** لكل البعديات ، باستثناء بعض الحالات ، تجويف هضمى له مدخل ومخرج ، وفى كثير من البعديات البدائية ، توجد فتحة واحدة للتجويف ، يستخدم كفم وشرج فى وقت واحد . أما فى البعديات المتقدمة — كما فى الفقاريات — فتوجد فتحات امامية وخلفية ، فيقع الفم بالقرب من الطرف الأمامى للجسم . وغالبا ما يكون على الجهة البطنية ، وفى مفصلية الأرجل والحلقيات ، تصل القناة الهضمية الى نهاية الطرف الخلفى للجسم ، أما فى الفقاريات فيقع الشرج فى نهاية الجذع ، ويكون الجسم فيما وراء ذلك منطقة الذيل .




شكل ١ : مقطع طولى تخطيطى لحيوان فقارى نموذجى يبين المواضع النسبية للأعضاء الداخلية

وتتميز القناة الهضمية فى معظم الفقاريات الى أجزاء لها وظائف مختلفة ، فيلى الفم البلعوم ثم المرىء فالمعدة فالأمعاء التى تتميزبدورها الى مناطق مختلفة ، وقد يختفى المرىء فى الفقاريات الدنيا ، كما تختفى المعدة فى بعض الفقاريات الاخرى . وتنتهى القناة بفتحة الشرج كما فى الثدييات وبعض الفقاريات الاخرى ، اما فى معظمها فيكون الجزء الطرفى منها مذرقا تفتح فيه القنوات البولية والتناسلية الى جانب الأمعاء .

والكبد لها أهمية كبيرة فى تخزين الغذاء وتحويله ، وفى الافراز ، تظهر فى الفقاريات على هيئة ردب بطنى مفرد كبير ، يمتد من القناة الهضمية ، ولهذا العضو مثيل فى كثير من اللافقاريات .

**الكلى :** فى كثير من اللافقاريات توجد أعضاء انبوبية شبيهة بالكلية تعرف بالتفريدات ، تقوم باخراج المواد الآزوتية الزائدة ، وتحافظ على توازن مكونات السوائل الداخلية فى الجسم . وللحبليات البدائية ، كالسهيم ، تفريدات من طراز معين ، اما فى الفقاريات الحقيقية فتندمج الأنابيب الكلوية فى زوج من الكلى ، تقع فى الناحية الظهرية لتجويف الجسم ، وتمتد القنوات البولية لتفتح فى المذرق ، أو الى الخارج ، بفتحة مستقلة . وقد تظهر بهذه القنوات مثانة بولية لتخزين البول قبل خروجه .

**الأعضاء التناسلية :** يتميز الجنس فى الفقاريات ــ كما فى كثير من اللافقاريات ــ الى ذكر وانثى ، كما تتميز الأنسجة التى تحتوى على الخلايا التناسلية الى خصية او مبيض . وفى الفقاريات ــ فيما عدا المجموعات الدنيا منها ــ توجد قنوات تمر فيها البيضات أو الحيوانات المنوية الى الخارج ( غالبا عن طريق المذرق ) . وقد توجد مناطق محددة فى قناة البيض تفرز غلافا قشريا حول البيضة أو تتخصص لتكون الصغار .

**الجهاز الدورى :** يتكون هذا الجهاز فى الفقاريات وكثير من اللافقاريات ، من أوعية خاصة تحتوى على سائل الدم ، وقلب نابض يدفع هذا السائل الى الدوران فى سائر انحاء الجسم . ويقع القلب فى الفقاريات فى الناحية البطنية للجزء الامامى من الجسم . وفى بعض اللافقاريات يكون الجهاز الدورى من النوع « المفتوح » ؛ فبالرغم من وجود قلب يدفع الدم فى أوعية مقفلة الى الأنسجة الا ان الدم لا يستخدم عند عودته الى القلب أوعية من هذا النوع . اما فى الفقاريات ، وكذلك فى بعض اللافقاريات

العليا ، فالجهاز من النوع المقفل تماما ، يمر الدم من القلب فى شرايين تتفرع فى انسجة الجسم الى شعيرات دقيقة ، ثم يعود فى أوردة الى القلب . وتوجد فى معظم الفقاريات أوعية ليمفاوية تساعد على عودة السائل من الخلايا الى القلب . والدم فى كثير من اللافقاريات يحتوى على صبغات ذائبة تتكون من مركبات معدنية ، وهى تساعد فى حمل الأكسجين . وفى الفقاريات يحمل الهيموجلوبين المحتوى على الحديد ، الأكسجين ، وهو يوجد فى خلايا الدم نفسها وليس فى السائل . ويمر الدم فى الحلقيات من الأمام الى الخلف فى الوعاء الظهرى ، ومن الخلف الى الأمام فى الوعاء البطنى ، ويحدث عكس ذلك فى الفقاريات ؛ فالدم يمر من القلب فى أوعية الى الأمام ثم الى أعلى ( عن طريق الخياشيم فى الحالات البدائية ) ، ثم يعود الى الخلف فى الناحية الظهرية الى الأعضاء المختلفة فى الجذع والذيل . اما الدم من القناة الهضمية فيعود فى أوعية بطنية ، تمتد الى الأمام لتفتح فى القلب .

**السيلوم** : فى بعض اللافقاريات يحيط بالأعضاء الداخلية نسيج ميزودرمى أو ميزنكيمى ، أما فى البعض الآخر ، فتوجد تجاويف سيلومية ممتلئة بسائل مائى تحيط بالأعضاء الداخلية فى الجسم . وتشترك الفقاريات فى هذه الصفة ؛ اذ يوجد تجويف بطنى رئيسى يشغل الحيز الأكبر فى الجذع ، ويحتوى على معظم اجزاء القناة الهضمية واجهزة اخرى ، كالتناسلية والبولية . اما فى المنطقة الأمامية من الجسم فيوجد التجويف التامورى الذى يحيط بالقلب . وفى الثدييات يحيط بالرئة تجويف بلورى منفصل .

**العضلات** : المعضلات فى الفقاريات نوعان : مخطط وغير مخطط ( أو أملس ) ، ويختلف هذان النوعان فى تركيبهما وتوزيعهما فى الجسم ؛ فالعضلات المخططة تضم العضلات الارادية فى الراس والجذع والأطراف والذيل ، وكذلك عضلات منطقة الخياشيم . وتضم العضلات غير المخططة اما الملساء فتقع غائرة فى الجسم ، وتضم عضلات القناة الهضمية . أما عضلات القلب فهى وسط فى تركيبها المجهرى بين النوعين السابقين . وتنمو العضلات المخططة فى منطقة الجذع على هيئة سلسلة من القطع العضلية على عكس معظم الأجهزة الأخرى .

**الهيكل** : تتكون معظم القطع الهيكلية الصلبة فى كل مجموعات الفقاريات ( فيما عدا البدائية منها ) من العظم . وهناك هيكل عظمى أدمى ( أو خارجى ) مكون من قطع هيكلية تشبه من حيث الوظيفة ، الدرقات الموجودة فى بعض

اللافقاريات ، وهيكل داخلى ينمو فى الجنين من غضاريف يحل محلها العظم فيما بعد فى الطور اليافع . وقد توجد تراكيب هيكلية شبيهة بالغضروف فى اللافقاريات ، أما العظم فيوجد فى الفقاريات فقط . وهو مختلف فى تركيبه وصفاته عن المركبات الكيتينية او الكلسية التى تكون هيكل اللافقاريات ؛ اذ يحتوى على فوسفات الكالسيوم فى حين ان هياكل اللافقاريات بها كربونات الكالسيوم .

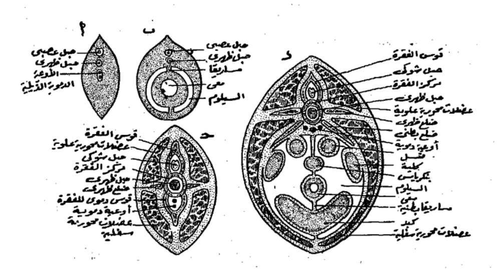
**الأطراف** : لمعظم الفقاريات زوجان من الأطراف : صدرى وحوضى ، على هيئة زعانف او ارجل . وهى متميزة بشكل واضح فى الفقاريات العليا ، اما فى الفقاريات الدنيا فتكون ضعيفة التكوين او غير موجودة . وعلى عكس اطراف مفصلية الأرجل تتكون هذه الأطراف من عناصر هيكلية داخلية وعضلات تساعد على حركتها الى اسفل او الى اعلى .

**التعقيل** : تبدو ظاهرة التعقيل واضحة تماما فى مفصلية الأرجل والحلقيات ، وهى تكرار لأجزاء من الجسم على هيئة عقل ذات ترتيب مسلسل . وفى الحلقيات يكون التعقيل أصيلا وظاهرا ، اما فى مفصلية الأرجل فيكون التعقيل واضحا فى الجنين او فى اليرقات ، وقد لا يكون واضحا فى الحيوان اليافع .

والفقاريات معقلة ايضا ، ولكن التعقيل فيها محدود ويختلف عنه فى اللافقاريات ، حيث يبدو واضحا فى كل التراكيب المختلفة من الجلد بالخارج الى القناة الهضمية بالداخل . ولا يظهر تعقيل فى جلد الفقاريات او فى قناتها الهضمية ، ولكنه يقتصر فقط على عضلات الجذع . وعلى ذلك فالهيكل الذى تتصل به هذه العضلات وكذلك الأعصاب التى تغذيها لها ايضا صفة التعقيل .

**مقاطع الجسم** : ( شكل ٢ ) . لقد استعرضنا بعض الأجهزة الهامة ولسوف نستعرض هنا بايجاز التعضى العام فى جسم الحيوان الفقارى ، واشرنا فى كثير من الحالات الى وضعها فى الجزء الأمامى او الخلفى من الجسم كما نشاهده فى مقطع عرضى . فأبسط المناطق تركيبا هو الذيل . فهو يبدو واضحا فى كثير من الفقاريات . ومقطع الذيل ( شكل ٢ ، أ ، ج ) يكون بيضاويا فى الحالة النموذجية ومغطى بطبقة الجلد . ويحتل الحبل الظهرى او مركز الفقرات ، مكانا اعلى الوسط فى منطقة الذيل ، ولكن تمتد

أسفل الحبل الظهرى اوعية دموية ذيلية . اما الأجزاء المتبقية فى الذيـــل فممتلئة بالعضلات القوية التى تترتب فى كتل متساوية على الجانبين ، ويقع بينهما حاجز وسطى علوى وسفلى .




شكل ٢ : مقاطع عرضية فى جسم حيوان فقارى ؛ أ ، ب مقاطع مبسطة مارة بالذيل والجذع ، مبينة التركيب الأساسى للجذع فى شكل أنبوبة مزدوجة ، فى منطقة الذيل تختفى « الأنبوبة الداخلية » للمعى . جـ ، د . مقاطع تخطيطية موضحة مواضع التراكيب الأساسية فى الذيل والجذع .

والمقطع النموذجى فى منطقة الجذع يبدو معقدا نوعا ما فى التركيب ، حتى فى أبسط الحالات تعميما كما فى شكل ٢ ب . ويمكن أن ننظر الى الجذع على أنه جهاز انبوبى مزدوج ، يشبه فى تركيبـــه الاطار الخارجى والداخلى لعجلة السيارة . والانبوبة الخارجية تحتوى على العناصر الرئيسية التى توجد فى مقطـــع الذيل ، وهى الحبـــل الظهرى والانبوبة العصبيـــة والعضلات الممتدة على كل جانب تحت طبقة الجلد الخارجية ، والتى تحيط من الداخل بتجويف يمكن مقارنته بالجزء المحتوى على الأوعية الدمويةاسفل الحبل الظهرى فى منطقة الذيل ، وقد اتسع كثيرا ليصبح تجويفا سيلوميا فى البطن . ومع تكوين هذا التجويف المتسع اصبح « للأنبوبة الخارجيـــة » للجذع سطح خارجى وآخر داخلى . فالسطح الخارجى يغلف التجـــويف البطنى ويعرف **بالبريتون** ، اما الداخلى فيعرف **بالبريتـــون الجدارى** . الجزء الذى يقع بين تجويف السيلوم وسطح الجسم يعرف بجدار الجسم .

اما « الأنبوبة الداخلية » فهى اصلا إنبوبة المعى ، والبطانة الخارجية التى تغلفها تعرف **بالبريتون الحشوى** . أماالبطانة الداخلية فهى طلائيـة القناة الهضمية ويقع بين هاتين البطانتين عضلات ملساء وانسجة ضامة . وتتصل القناة الهضمية فى الجنين « بالانبوبة الخارجية » من الظهر والبطن بواسطة **مساريقا** ، مكونة من اغلفة رقيقة من نسيج محاط من كل جانب بالبريتون ( شكل ٢ ) ، ويظل المسراق الظهرى الذى يعلو القناة الهضمية موجودا ، أما المسراق البطنى فغالبا ما يختفى فى معظم أجزائه فى اثنـاء النمـو .

ومع اننا سوف نتناول بالتفصيل ترتيب الأعضاء التى تقع فىالتجويف السيلومى ، فى فصل خاص فيما بعد الا اننا نستعرض هنا موضع الأحشاء العامة . ففى شكل ٢ د ، نرى ان القناة الهضمية ليست تركيبا انبوبيـا بسيطا ، لكنها متصلة بأعضاء أخرى كالكبد التى تقع فى الناحية البطنية ، والبنكرياس فى الناحية الظهرية ، وهذه الأعضاء تراكيب وسطية تنمو فى المساريقا البطنية والظهرية . كما أن هناك أعضاء أخرى تقـع فى تجويف الجسم لكنها تنشأ من انسجة خارجية عنه مثـل الـكلى التى تمتـد من الحافات العليا الجانبية للتجويف والمناسل ، كالخصى والمبايض ، وهى تمتد من الجزء الوسطى للحافة العليا لتجويف البطن .

## المستوى والاتجاهات

بالرغم من ان لجسم الحيوان الفقارى تماثلا جانبيا محددا ، فان هناك حالات تشذ كثيرا عن هذه القاعدة . فالأعضاء التى تنشأ اصـلا فى الخط المنصف للجسم ، تغير موضعها ، كالقلب والمعدة والأمعاء التى تلتف علىنفسها بطريقة غير متماثلة . كذلك نجد تغييرا كبيرا فى الأعضاء المزدوجة ، فالمبايض فى الطيور يبقى منها مبيض واحد فقط فى الناحية اليسرى ، بينما يختفى المبيض الآخر فى الحيوان اليافع . وتبلغ ظاهرة عدم التماثل اقصى درجة فى سمك موسى حيث يتأثر شكل الجسم العام نتيجة لتغيير جانبى الجسـم ليصبحا السطح العلوى والسفلى للحيوان .

ومن الناحية النظرية أو العملية ، يمكننا عمل مقاطع فى مستويات مختلفة للجسم وبزوايا مختلفة أيضا . فيكون المقطع عرضيا اذا قطع الجسم الى شرائح عرضية . اما اذا كان القطع راسيا او طوليا من الأمام ( البوز )

الى الخلف ( الذيل ) فيكون المقطع **سهميا** ، واحيانا يقتصر هذا الاصطلاح على مقطع اسفل الخط المنصف للجسم ويسمى المستوى **نصفي سهمي** ، والمقاطع المماثلة فى جانب او آخر تسمى **جنب سهمية** ، غير أن كل هذه المقاطع تدخل ضمن المقاطع السهمية .

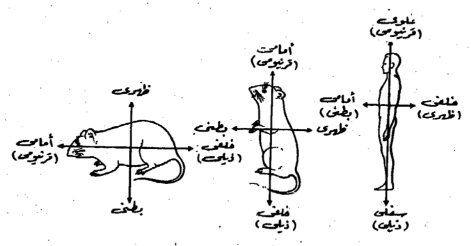
اما المقاطع المارة افقيا بطول الجسم فتسمى مقاطع **جبهية** نظرا لمرورها موازية لجبهة الحيوان .

واتجاه مواضع الأعضاء فى الجسم هام جدا فى شرح علاقتها التركيبية وتسميتها . فالرأس والذيل فى جسم معظم الفقاريات نهايات يتحدد على أساسها اتجاه حركة الحيوان . ولذلك نستخدم لفظ **امامى وخلفى** فى هذا الصدد . وهناك اصطلاحات مماثلة قليلة الاستعمال مثل **القرنيسومى والذيلى** . والأسطح العلوية والسفلية للجسم غالبا ما تسمى بالسطح الظهرى والسطح البطنى . وفى المستوى العرضى يتحدد الوضع بالنسبة للخط المنصف للجسم ، فيستعمل لفظ **وسطى** للوضع تجاه الخط المنصف **وجانبى** للاتجاه البعيد .

وهناك اصطلاح رابع يستخدم أيضا فى تحديد الاتجاهات . **فالقريب** يشير الى الجزء القريب من مركز الجسم او محوره ، اما **البعيد** فيشير الى الجزء البعيد عن المركز ، وهذه الاصطلاحات صالحة بالنسبة للأطراف والتراكيب الذيلية . أما فى الرأس والجذع فهى غير واضحة ، بيد أنها تستعمل للأجزاء القريبة والبعيدة للأعصاب بالنسبة للحبل الشوكى أو المخ ، كمراكز وسطية فى الجسم . وكذلك فى الشرايين بالنسبة للقلب .

اما الإصطلاحات الرئيسية لاتجاهات الجسم فهى **الأمامى والخلفى ، والظهرى والبطنى** ، وهذه تنطبق علي كل الفقاريات الا الانسان ، فهو حالة خاصة لأنه يقف راسيا على الارض . ولذا فهذه الاصطلاحات لا تنطبق عليه تماما وله اتجاهات خاصة به . فاتجاه الرأس علوى . والأرجل أو « الذيل » سفلى ، وهذه مصطلحات يستخدمها الأطباء . والظهر فى الانسان يكون فى **وضع خلفى** ، أما البطن فوضعه **امامى** ، وهذان المصطلحان بديلان للظهرى والبطنى فى بقية الحيوانات الأخرى ، ولهما وضع خاص بالنسبة للتشريح . فمثلا ، لكل عصب شوكى جذران ( راجع شكل ٣٦٤ ) ، خلفى وامامى ، واذا ما قام اخصائى الأعصاب بفحص اعصاب فار مثلا ، فتصبح

هذه المصطلحات مختلفة تماما وغامضة ؛ اذ ليس لعصب الفار جذر أمامى وآخر خلفى . والا صح ان لكل من الانسان والفار جذورا عصبيـــة ظهرية وبطنية ، وكان من المعتاد ان تستخدم هذه المصطلحات للانسان . وحديثا اتفق المهتمون بتشريح الانسان على استخدام مصطلحات الظهرى والبطنى ، بدلا من الخلفى والأمامى حتى تكون اصطلاحات موجدة لكل الفقاريات .




شكل ٣ : رسم تخطيطى يبين مدى التباين فى استخدام مصطلحات المستوى والمستوى والاتجاه فى فقاريات عادية وفى الانسان .

## التشـــابه التركيبى

لقد لاحظ الباحثون فى علم الحيوان منذ زمن طويل ، وجود نمـــط تشريحى اساسى مشترك فى الحيوانات التى تقع تحت مجموعة كبيرة واحدة ، وان نفس الأعضاء موجودة فى كثير من حيوانات المجموعة الواحدة ، ان لم يكن فيها جميعها ، مع بعض تحورات فى الشكل أو الحجم ، أو الوظيفة بالنسبة لطرق معيشتها وعاداتها . ومع قبول نظرية التطور فى الستينات والسبعينات فى القرن الماضى ، اهتم العلمـــاء بفكرة التشـــابه التركيبى التى تزعم أن اعضاء الفرد فى مجموعة حيوانية ما قد انحدرت مع شىء من التحـــور من اعضاء مماثلة اساسية كانت موجودة فى سلفها المشترك . وقـــد استمرت الأبحاث لتتبع هذا التشابه التركيبى فى الحيوانات ســـنوات كثيرة فى ذلك الوقت ، وكانت النتائج مثيرة ومشجعة ، فقد وجد أن عظيمات السمـــع الثلاث فى الأذن الوسطى للانسان ( الفصل ١٥ ) كانت جزءا من الجهاز الفكى فى اسلافنا من الأسماك ، وقبل ذلك كانت جزءا من دعامات الخيـــاشيم فى اسلاف الفقاريات . والعضلات التى تساعدنا على الضحك مشتقـــة من

العضلات التى كانت تساعد أسلافنا من السمك لدفع الماء خلال الخياشيم .
والأعضاء ذوات التشابه التركيبى نعنى بها تلك الأعضاء المماثلة ، أو هى نفسها ، فى مجموعة من الحيوانات التى ندرسها . وقد يعتقد البعض أن المقصود « بالأعضاء نفسها » هو أن الكتلة الحقيقية للعضو كالطرف أو الرئة أو العظم ، مثلا تنتقل من جيل الى جيل ، ولكن هذا الاعتقاد خاطىء ، فكل عضو يخلق من جديد وعلى حدة فى كل جنين ، وليس التشابه التركيبى بين نفس الأعضاء الا تشابها فى العمليات التى يتم بها تكوين هذه الأعضاء المتشابهة . وقد حقق التقدم فى علم الوراثة هذه الفكرة ، وقدم لنا أدلة قوية لتفسير هذه العمليات . فهى تقع تحت تأثير وحدات وراثية ، هى الجينات ، وهى تراكيب دقيقة يقدر عددها ببضعة آلاف فى كل خلية حيوانية . وتوجه الجينات التى تنقل من الأبوين الى البيضة المخصبة نمو الفرد ، كما تستطيع كل جينة أن توجه نمو عدد من التراكيب أو الأعضاء فى الجسم مما يعنى أن كل عضو يقع فى أثناء تكوينه تحت تأثير أو توجيه عدد من الجينات . فاذا ما ظلت الجينات كما هى من جيل الى جيل ، فسوف يظل العضو المتكون كما هو ( باستثناء بعض المؤثرات البيئية أو المحيطة التى قد تؤثر فى الفرد نفسه ) ، وبذا يكون التشابه التركيبى حقيقة مطلقة .

وقد تحدث تغيرات فى الجينات ، كما فى الطفرات ، وهذه تحدث بدورها تغيرات فى التراكيب التى تسيطر عليها هذه الجينات . وقد يتفاوت التأثير الناتج فى تكوين هذه التراكيب ، وذلك بقدر التغيرات التى تحدث فى الجينات نتيجة للطفرة . فاذا ما أحدثت الطفرات تأثيرا طفيفا فى بعض الجينات ، فيكون التحور فى الأعضاء قليلاً ، وتحتفظ بتشابهها للأعضاء المماثلة فى الأبوين . أما اذا كان التأثير قويا فان ذلك يحدث تحورات كبيرة مما يجعل الأعضاء تحيد عن تشابهها التركيبى لأعضاء الأبوين . وفى الواقع أن دراسة التشابه التركيبى للأعضاء ما هى الا دراسة للظواهر التى تحدثها الجينات ، واذا ما عرف التركيب الوراثى لكل طراز من الحيوانات المختلفة فان التشابه التركيبى بين الأعضاء يكون متوقفا على تشخيص الجينات التى تكونها . ويكون ذلك صعبا ، اذ أن كثيرا من الحيوانات لم يعرف تركيبها الوراثى بعد .

والآن ما أحسن الطرق لاثبات التشابه التركيبى ؟ الوظيفة ليست وحدها طريقة مؤكدة ؛ اذ ان الأعضاء المتشابهة فى حيوانين مختلفين قد

يؤدى وظائف مختلفة . وقد دلت المشاهدات على ان الشكل والحجم أو اللون فى تركيب معين قد تعطى دليلا ايجابيا على التشابه . كما أن التشابه فى الوضع التشريحى للأعضاء والعلاقة بينها وبين الأعضاء المجاورة مفيد جدا فى تعرفها . وأهم من ذلك التشابه فى النمو لهذه الأعضاء ، اذ نجد أن الأعضاء المختلفة تماما فى الحيوان اليافع قد يكون لها تشابه تركيبى فى مراحل نموها المبكر .

والتشابه التركيبى مختص بتركيب الأعضاء ، ولقد اقترح البعض أن يمتد هذا التشابه ليشمل الوظائف ايضا . ولكن هذا الاقتراح لم يجد استجابة كبيرة من الباحثين . ولذا ظهر اصطلاح آخر هو **التشابه الوظيفى** ليوازى التشابه التركيبى ويسير معه . فالأعضاء التى لها تشابه وظيفى هي التى لها وظائف مماثلة ، وان كانت هذه الأعضاء غير متشابهة تماما من حيث التركيب . فالرئة وخياشيم السمك اعضاء متشابهة فى الوظيفة الا انها مختلفة تماما عن بعضها من حيث التركيب .

## الملاءمة والتطور

لقد أدى حدوث التطور الى ظهور تحورات مختلفة فى التراكيب والوظائف لاعضاء جسم الفقاريات ، ولا يمكننا ان نجرى دراسة مقارنة للفقاريات دون أن ناخذ فى الاعتبار بعض الآراء العامة لطبيعة العمليات التطورية التى حدثت لها . فأغلب التغيرات التركيبية والوظيفية فى جسم الفقاريات كانت نتيجة تحورات لملاءمة البيئة وطرق المعيشة . ولا يسمح المجال هنا لدراسة كيفية حدوث هذه الملاءمات ، ولكننا سوف نتناولها بشىء من الايجاز . فنحن كثيرا ما نتكلم عن التغيرات التى تحدث للملاءمة كما لو كان الحيوان يرغبها ، أو ان حاجته ورغبته هذه قد اظهرت تراكيب جديدة ، او احدثت تغيرات فى تراكيبه . فقد يكون مفيدا للسمك أن يمشى على الأرض ، او يكون لنفسه ارجلا ، او قد يكون جميلا لأسلاف البقرة المبكرة ان تكون لنفسها اسنانا قوية تستطيع أن تاكل بها الحبوب والأعشاب. ولكن الواضح ان هذه الافكار خاطئة . والواقع انبعض نظريات التطور كانت ولا تزال تشجع هذه الآراء . فهى تعتبر أن التطور ظاهرة غير طبيعية . وأن التغيرات حدثت نتيجة لحاجة ملحة داخل الحيوان نفسه، أو نتيجة لتخطيط معين لقوة اقوى من الطبيعة . وبما أن هذه النظريات غير علمية فلا يمكن اثبات خطئها بطريقة علمية . وعلينا أن نبحث عن تفسيرات مقبولة لحدوث التطور مبنية على اسس وحقائق معلومة .

واول محاولة لتفسير التغيرات التركيبية التى حدثت فى اثناء التطور كانت للعالم لامارك منذ اكثر من قرن مضى ، فقد كان يعتقد فى توارث الصفات المكتسبة من خلال الاستعمال أو عدم الاستعمال . فاذا استطاعت إسلاف الزراف ان تمد رقابها لالتقاط اوراق الشجر فى الافرع العليا ، فان تأثير هذا الامتداد يكون ( كما تقول نظريته ) قد انتقل الى افرادها جيلا بعد جيل ، ويكون ظهور عنق طويل قد تم تدريجيا وبطريقة متوارثة . كذلك ان كانت أسلاف الثعابين من الزواحف قد توقفت عن استخدام أرجلها فى الحركة ، فان عدم استعمال هذه الأرجل قد ادى الى اختفائها تدريجيا ، وقد يبدو ان نظرية لامارك بسيطة وطبيعية جدا ، لكنها اصبحت الآن ضعيفة فلا يستطيع احد الآن أن يبرهن عمليا على صحة هذه النظرية بالنسبة لتوارث الصفات المكتسبة .

فالتراكيب المفيدة للحيوان قد تزداد فى الحجم والتعقيد بمرور الوقت ، اما تلك التى لا حاجة لها فى الجسم فتضمر أو تختفى . ولا يوجد ثمة دليل واحد على ان الاستعمال أو عدمه لبعض أجزاء فى جسم الفرد له تأثير من اى نوع فى بنيان الجسم فى الأجيال التالية .

ولقد اثبت علم الوراثة فى السنوات الأخيرة أن التغيرات التطورية تعزى الى الطفرات فقد تحدث الطفرات بعض تأثيرات ، ولكنها تؤدى الى ظهور تحورات طفيفة جدا ؛ فالطفرة فى ذبابة الفاكهة مثلا ، قد لا تؤدى الى احداث تحور واحد اللهم الا فى انقسام شوكة ما . ونحن لا نفهم تماما الطرق المختلفة التى تحدث بها الطفرات ، بالرغم من أننا نزداد معرفة باستمرار بالتركيب الكيموى للجينات ، وكذلك بالمؤثرات الكيموية الفيزيائية ( مثل الاشعاع ) التى تلعب دورا هاما فى احداث الطفرات . وبالنسبة لنظريات التطور فهناك نقطتان هامتان ، اولاهما عدم وجود اى دليل على التوجيه او التخطيط فى الطفرات ؛ فهى تحدث بدون نظام معين ، وقد تكون نافعة أو ضارة أو مميتة . وثانيتهما عدم وجود دليل على ان للطفرات علاقة ما بالاستعمال او عدم الاستعمال فى اعضاء الجسم . كما ان الصفات المكتسبة فى الفرد ليس لها تأثير معين فى طبيعة الطفرات فى جينات الخلايا التناسلية ، مع ان تأثير هذه الطفرات قد يظهر فى الجيل الناتج .

فعملية الطفرة اذن يبدو أنها تغيير عشوائى لا يتبع نهجا معينا . ويبدو ان تطور الفقاريات قد ادى الى التغيرات بالطفرات . وقد أجاب داروين من قرن مضى على هذا السؤال . فلقد كان يجهل تماما علم الوراثة الحديث ،

كما نحن نعرفه الآن ، ولكنه تنبأ بوجود بعض عمليات وراثية ، كالتى نعرفها الآن . فبمساعدة هذه الطفرات يعمل قانون الانتخاب الطبيعى على اقصاء الأفراد الضعيفة غير الصالحة والاحتفاظ بالأفراد القوية الصالحة للبقاء ، حيث تنقل طفرة او مجموعة من الطفرات الى الخلايا التناسلية . ومن الملاحظ أن بعض الحيوانات التى تتكاثر ببطء تنتج أفرادا كثيرة منها ما يموت قبل أن يصبح يافعا ويتكاثر . وهذه هى سنة الطبيعة فى الابقاء على الأصلح . كما تلعب المصادفة دورا هاما فى هذا الانتخاب . ولقد دلت التجارب والمشاهدات على أن حدوث أقل طفرات فى اتجاه ملائم قد يساعد على تكوين أفراد كثيرة لنوع ما فى أقصر وقت . وهذا الانتخاب الطبيعى لمثل هذه الطفرات يبدو أن له دورا هاما فى التغيير التطورى .

والتطور عملية معقدة جدا ، أكثر من كونها مجرد انتخاب ملائم لبعض الصفات التى تظهر فى الفرد . ونلاحظ مثلا أن الجينات العامة مزدوجة فى خلايا كل حيوان ، بواقع جينة فى كل من الذكر والأنثى ، فاذا اختلفت الجينتان فى قدراتهما الكامنة ، فتسود واحدة على الأخرى فى التركيب والوظيفة التى تسيطر عليها فى الجسم ، ومن ذلك نرى أن الانتخاب ليس له تأثير كبير فى العنصر الضعيف فى هذه الجينات ويكون بذلك متنحيا ، الا اذا كانت الجينتان المختصتان متنحيتين بالمصادفة . وعلى ذلك فلا يمكن أن تختفى الطفرة المتنحية تماما ، حتى اذا كانت ضارة جدا لسلالة الحيوان التى ظهرت فيه . ومن المعقول أن تنشأ ظروف خاصة فى البيئات المتغيرة ، تتأثر فيها السلالة بظهور الصفات المتنحية أو مجموعات مركبة منها ، تكون نافعة جدا اذا ما اجتمعت فى فرد منها ، وينتج عن ذلك تغيير تطورى فى السلالة كلها .

## العلاقات بين السطح والحجم

كثيرا ما نلاحظ وجود أفراد كبيرة واخرى صغيرة فى اية مجموعة من الحيوان ، تختلف فيما بينها فى الحجم النسبى للأعضاء المختلفة ، ويرجع ذلك الى القاعدة الرياضية التى تنص على أن اى تغيير فى حجم الجسم يصاحبه ازدياد ( أو نقصان ) فى السطح ، يتناسب طرديا مع مربع أبعاده ، فى حين تتغير الأحجام تغيرا طرديا مع مكعب هذه الأبعاد .

وتنطبق هذه القاعدة على الحيوان ؛ اذ أن العلاقة بين سطح الحيوان وحجمه ملحوظة فى كثير من الصفات التركيبية أو الوظيفية فى الفقاريات . فمثلا تتناسب قوة الرجل ( كأى عمود دعامى ) تناسبا طرديا مع قطرها ، أو مساحتها فى المقطع العرضى ، على حين يتناسب الوزن الذى تتحمله طرديا مع مكعب ابعادها . وعلى ذلك فلا يمكن ان يكون للفيل ارجل تشبه أرجل الغزال ، كما أن كمية الغذاء التى يحتاج اليها الحيوان النشط تتناسب طرديا مع حجمه * ، وكمية الغذاء التى تمتص فى أمعائه تعتمد على مساحة سطح جدارها . والحيوانات الكبيرة لها امعاء طويلة او معقدة فى تركيبها ، لتهىء سطحا كبيرا جدا مناسبا لاتمام عملية الهضم

## التسمية العلميـــة

يقابل من يدرس مورفولوجية الفقاريات اسماء كثيرة ومصطلحات غير عادية خاصة فى التراكيب التشريحية . وهذه غير الأسماء كثيرا ما تكون غير متداولة فى حياتنا اليومية، ولكنها مصطلحات محددة وعلى مستوى عالمى بالنسبة لمن يدرس الفقاريات ، ويفهمها الباحثون فى اية دولة من دول العالم . فهى مصطلحات لاتينية بالنسبة الى استعمال هذه اللغة قديما عنـدما بدات دراسة تشريح الحيوان . وحتى اذا استعصى على احد ايجاد لفظ لاتينى لتركيب ما فكان يجد له أصلا يونانيا ، ويصوغه فى قالب لاتينى . ونجـد بعض الملاحظات الخاصة بتكوين المصطلحات التشريحية فى الملحق الثانى فى نهاية الكتاب . واليوم توقف استخدام اللغة اللاتينية تمـاما للـكتابة فى كثير من الكتب العلمية . أما المصطلحات اللاتينية فباقية كما هى ، ولا يمكن الاستغناء عنها مطلقا ، غير اننا قد نحورها فى صيغة انجليزية ، ولكنها تحمل نفس اللفظ والمعنى ، كاستعمال العضلة « الدالية » فى الكتف او العظم « الجدارى » ، وهكذا .

واللغة اللاتينية لها أصول وقواعد ونهايات محددة ذات معنى مفهوم ومستقل ، والى عهد قريب كانت اصول اللغة اللاتينية تدرس لكل طالب

(*) التأكيد هنا على نشاط الحيوان نفسه وليس على عمليات الأيض التى تحدث فى حالة سكونه .

يدرس علوم الحياة . ولقد اتفق على استخدام نفس المصلح اللاتينى لأى جزء أو تركيب فى حيوان ثديى مثلا فى كل الحيوانات الأخرى ، ولو أنه قد يختلف فى مظهره من حيوان الى حيوان ، فالترقوة مثلا تستخدم فى الانسان والثدييات الأخرى ، وكذلك تطلق على نفس التركيب المشابه فى الزواحف والبرمائيات والأسماك وهكذا . غير أنه كثيرا ما يستخدم المصطلح خطأ على تراكيب غير متشابهة . وعلينا أن نكون حريصين فى استخدام اللفظ السليم على نفس التركيب فى الحيوانات المختلفة .

وقد عقد مؤتمر فى بازل بسويسرا منذ سنوات مضت ضم عددا كبيرا من المشتغلين فى مدارس مختلفة فى العالم ، وتم وضع مصطلحات ثابتة لاستخدامها فى كل مكان ، خاصة فى تشريح جسم الانسان ويطلق عليها « مصطلحات بازل للتشريح » ، كذلك عقد مؤتمر فى باريس سنة ١٩٥٥ ، ووضع نظام معدل للمصطلحات الطبية ويطلق عليها « مصطلحات باريس للتشريح » .

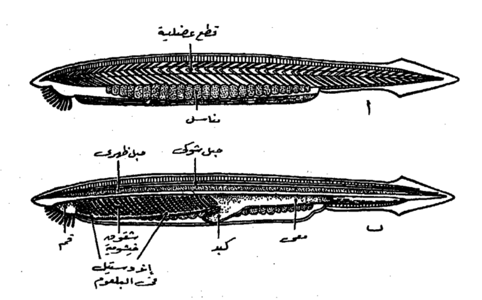
الفصل الثاني

# أصل الفقاريات

هناك كثير من الحيوانات قريبة جدا للفقاريات ، بالرغم من عدم وجود عمود فقارى فيها . الا ان دراستها تسهم كثيرا فى معرفتنا لتركيب جسم الحيوان الفقارى وسجله وتاريخه .و بالرغم من قصور معلوماتنا عن الأسلاف المبكرة للفقاريات الا أن موضوع أصلها ، أو سلسلة نسبها يستحق شيئا من الاهتمام ، وهذا ما سوف نتناوله فى هذا الفصل من الكتاب . فالحبليات البدائية لها قرابة كبيرة بالفقاريات . كما توجد علاقة بين الفقاريات وبعض شعب اللافقاريات ، يمكن أن نستخلص من دراسة هذه المجموعات أصلا مقبولا للفقاريات .

تكون الفقاريات جزءا صغيرا من شعبة الحبليات ، بالرغم من كثرة انواعها واجناسها . فبالرغم من ان الحبليات الدنيا تفتقر الى وجود عمود فقارى ، وكثير من التراكيب المتقدمة التى توجد فى الفقاريات الا انها تشترك معها فى صفات أساسية ، لا توجد فى اية مجموعة اخرى من شعب المملكة الحيوانية ، مما يؤكد العلاقة القريبة بينها وبين الفقاريات . ولفظ الحبليات يعنى بالدرجة الأولى وجود حبل ظهرى أو تراكيب مماثلة له ، كما انها تمتاز أيضا بوجود حبل عصبى ظهرى ، وفتحات خيشومية فى منطقة البلعوم .

**السهيم** : تنقسم الحبليات الى تحت شعب اربع مرتبة ترتيبا تصاعديا ، فهى تبدأ بالنصف حبليات ، فالذيلحبليات فالراسحبليات ثم أخيرا الفقاريات . ولكننا هنا سوف نعكس هذا الترتيب وتبدأ الحبليات الدنيا بالراسحبليات حيث توجد أوجه شبه كبيرة بينها وبين الفقاريات . وهى تشمل عددا قليلا من الأنواع تعرف جميعها بالسهيم ( الامفيوكسس ، شكلى ٤ ، ٥ ) ، وهى حيوانات مائية شبيهة بالأسماك فى مظهرها ، وتكثر فى المياه البحرية الضحلة ، والشكل العام للسهيم يوحى بأن الحيوان قوى فى السباحة فى الماء ، غير أن زعانفه الضعيفة تجعله يمضى معظم أوقاته مدفونا فى رمال القاع ، لا يبرز منه غير الجزء الأمامى فقط من الجسم .




شكل ٤ : السهيم ، « حبلي بدائي » . أ ، كما يرى من خلال جلده الشفاف، ب . مقطع سهمي ( عن جريجوري ) .

وبالرغم من أن للسهيم مظهر السمك الا انه بدائي جدا عن الأسماك ، فليست له زعانف مزدوجة أو عمود فقاري أو جمجمة أو ضلوع ، وانما توجد فقط تراكيب شبيهة بالغضروف تدعم الفتحات الخيشومية أو الزعنفة الظهرية وأجزاء الفم . والحبل الظهرى هو الهيكل الدعامي الرئيسي فى جسم السهيم، ويظل موجودا فى كل أطوار الحيوان ، وعلى عكس الفقاريات يمتد الى نهاية الطرف الأمامي من الجسم ، وهى صفة تتفق مع اسم المجموعة التى يتبعها الحيوان . ويعمل الحبل بمثابة « مشجب » تتدلق عليه باقى أعضاء الجسم . ويعلو الحبل الظهرى ، حبل عصبى أجوف ، تخرج منه أعصاب جانبيـة متكررة ، وينتفخ الحبل العصبى قليلا فى الأمام ، غير أن هذا الانتفاخ لا يكون مخا حقيقيا للحيوان . وتوجد آثار لأعضاء حسية قد تماثل العين والأنف . وتتكون العضلات كما فى الأسماك من قطع عضلية متكررة على جانبى الجسم ، تأخذ شكل حرف V ، وتناوب انقباض هذه العضلات على الجانبين يؤدى الى الحركة السريعة فى أثناء السباحة .

والجهاز الهضمى بسيط التركيب ، فتجويف الفم محاط بدائرة من الذؤابات البارزة ، ويمتد البلعوم الى حوالى منتصف الجسم . ويؤدى الى معى انبوبية بسيطة غير متميزة تماما الى مناطق واضحة ، غير ان التغييرات الكيموية للغذاء تثبت ان الهضم يتم فى الجزء الأمامي من المعى ، والامتصاص

فى الجزء الخلفى منها . ويوجد انتفاخ كبير على هيئة درب مماثل للكبد يمتد من القناة خلف البلعوم ، وتنتهى القناة الهضمية ، كما فى الفقاريات ، بفتحة شرج عند نهاية الجذع ، وتمتد وراءها منطقة الذيل .

والبلعوم فى السهيم عضو مختص بجمع الغذاء ، الذى يتكون أساسا من مواد يجمعها الحيوان من ماء البحر ، ويدخلهـــا الى الفم ، عن طريق الحركة الهدبية . ويصفى الغذاء من المـــاء فى أثناء خروجه من الجســـم




شكل ٥ ـــ مقطع عرضى فى السهيم مارا بالبلعوم . لاحظ أن التجويف حول الخيشومى الذى يحيط بالبلعوم ، والكبد وغيرهما ، يعتبر خارج الجسم بالرغم من أنه يبدو فى موضع داخلى ، فهو يشبه الحجرة الخيشوميـــة فى الأسماك ويتكون كامتداد من ثنيات كبيرة حول البلعوم ، تتقابل مع بعضهـــا فى الناحية البطنية ، ويتصل بالخارج عن طريق فتحة الدهليز . وتظهـــر القضبان الخيشومية كقطع متتالية فى جدار البلعوم فى المقطع العرضى حيث ان الشقوق الخشومية مائلة . ( عن ديلاج وهيرورد ) .

من خلال الفتحات الخيشومية ، وهذه كثيرة فى العدد تبلغ حوالى خمسين زوجا أو أكثر . والخيشـــوم تركيب مزدوج ، ينشـــأ على شكل حدوة الحصان كما فى الديدان الأطومية ( شكل ٩ ) ، ويحيط بكل الجهـــاز الخيشومى غطاء يحمى الأعضاء الداخلية الرقيقة عندما يدفن السهيـــم جسمه فى الرمل ، ويكون هذا الغطاء دهليزا يفتح على السطح الخارجى بثقب

يقع خلف منطقة البلعوم . غير أن هذا الجهاز الخيشومى بكل ما له من كفاية فى العمل وتقدم فى التكوين ، مختلف تماما عن الجهاز الخيشومى النموذجى فى الفقاريات ، من حيث طريقة عمله ، ووظيفته ، فمعظم عمليـات التنفس تتم من خلال الجلد ، الذي يتكون فى السهيم من طبقة رقيقة جدا من الخلايا ، بعكس الفقاريات . أما الخياشيم فهى تختص أساسا بجمع الغذاء . وهنـاك اختلاف آخر بين السهيم والفقاريات ، فتيار المـاء الذى يمر من خـلال الخياشيم فى الفقاريات تدفعه حركة العضلات الضاخة ، أما فى السهيـم فالحركة الهدبية هى وحدها المسئولة عن احداث التيار فى المـاء . والأهداب قوية وعالية التكوين فى البلعوم ، اذ يوجد ميزاب طولى تحت خيشومى يمتد بطول البلعوم ويعرف بالاندوستيل ، وفى هذا الميزاب تفرز مواد مخاطيـة بغزارة لاصطياد المواد الغذائية . وتعمل الأهداب على حمل هذه المـواد الى أعلى جدر البلعوم حيث توصلها الى ميزاب آخر فوق خيشومى ظهرى ومنه الى الأمعاء . وهكذا يغذى الحيوان نفسه بطريقة الحمل والتوصـيل فى الميازيب الموجودة فى البلعوم .

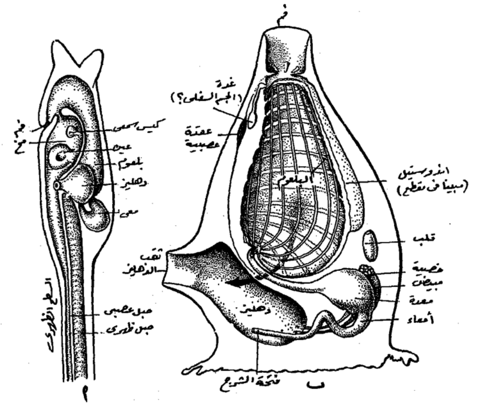
والأوعية الدموية الرئيسية فى السهيم ، تماثل أوعية الفقـاريات ( شكل ٣٠٥ ) . فيمر الدم الى الأمام فى الأوعية البطنية ، والى الخلف فى الأوعية الظهرية ، بعد أن يمر فى منطقة الخياشيم . ولا توجد خلايا حمراء أو بيضاء أو أى نوع من الصبغيات فى الدم ، كما لا يوجد قلب فى السهيم . وتساعد الانقباضات التموجية لبعض الأوعية الدموية الرئيسية وانقباض بعض الانتفاخات الشبيهة بالقلب والتى تقع على طول الشرايين الممتدة أسفل منطقة الخياشيم على تنظيم مرور الدم داخل الأوعية فى اتجاه معين .

والمناسل فى السهيم مختلفة عنها فى بقية الحبليات ، فهى كثيرة فى العدد ، ولها ترتيب عقلى متكرر ، كما تختلف أيضا أعضاء الاخراج فى هـذا الحيوان من حيث تركيبها وطبيعـة عملها عما هو معروف فى الفقاريات . فللفقاريات كلية فريدة فى نوعها ، وهى تتكون من وحدات مميزة لترشيح المـاء من الدم . أما فى السهيم فأعضاء الاخراج شبيهة بنفريدات اللافقاريات . وهى مرتبة ترتيبا عقليا متكررا كما هى الحال فى الديدان الحلقية .

والسؤال الذى يطرح نفسه الآن هو : أين يوجد مكان السهيم بالنسبة للفقاريات ؟ بعض النظريات التى تفسر تطور الفقاريات تنكر بشدة أى صلة قرابة للسهيم . بيد أن الصفات التى يشترك فيها السهيم مع الفقاريات

عديدة واساسية بحيث تؤكد مثل هذه القرابة . فالبعض يفترض أن السهيم حيوان فقارى منتكس . ويؤيد ذلك ان يرقات الجلكى كما سوف نرى مختلفة تماما عن الجلكى اليافع . فهى تعيش ساكنـــة وتتغذى بترشيح وتنقيـة الغذاء ، وتشبه السهيم فى كثير من الصفات . فهل يمثل السهيم حيـــوان الجلكى وقد توقف عن النمو فى مرحلة مبكرة ، واحتفظ لنفسه كحيـوان يافع بالتركيب المبسط ليرقته,من المحتمل أن تعيش اليرقة طويلا فى حالة غير يافعة قبل أن تتحول مباشرة الى الطور اليـــافع ، كذلك قد تنضب اليرقة جنسيا قبل ان تصل الى الحالة اليافعة ، وهذه حالات قد تكون عوامـــل هامة فى الدراسة التطورية للفقاريات . وللسهيم صفات كثيرة لا تعتبر بدائية، وتختلف عن تلك التى توجد فى يرقات أسلاف الجلكى ، مما يجعل الصـــلة بالفقاريات عن طريق التنكس فرضا مقبولا . ولذا فسنعتبر السهيم طرازا متخصصا وفريدا لا يزال حيا من أسلاف الفقاريات . وهو ليس بدائيا عن كل الفقاريات فحسب ، لكن له-ايضا حياة خاصة مختلفة وبدائية عن حياة بقية الفقاريات . وعموما تعيش الفقاريات على مواد غذائية كبيرة نسبيا ، تأكلها بمساعدة حركات عضلات الفكوك ، او تراكيب مشابهة لها . وتستخدم خياشيمها اساسا فى عمليات التنفس . ومن المعتقد ان أسلاف الفقـاريات كانت سباحة ماهرة ونشطة . ولكن السهيم رغم انه يجيد السباحة ايضـا الا انه ساكن فى معظم الاحيان ، ويحصل على الغذاء بتصفيته وتنقيتـه من المـاء ، وتلعب الأهداب هنا دورا أقوى من العضلات فى هذا الصدد . كما أن الحيوان يستفيد من خياشيمه فى الاغتـــذاء اكثر من استفادته فى التنفس .

**الغلاليات** : ( أشكال ٦ ـــ ٨ ) الغلاليات أو الذيلحبليات حيـــوانات بحرية صغيرة ، تعتبر من أقارب الفقاريات ، وهى وان كانت أبسط تركيبـا من السهيم ، الا أنها تحمل بعض الصفات الأساســية للحبليات ، مثـــل : الحبل الظهرى ، والحبل العصبى ، ووجود الفتحات الخيشومية ، وتحصل على غذائها بترشيح وتنقية المواد الغذائية من المـاء ، وتساعدها فى ذلك حركة الأهداب . والبعض يعيش هائمــا على سطح المـاء ، فرادى أو فى مجموعات تشبه البراميل فى شكلها ، وبعضها يعيش مثبتا فى القــاع ، اما مفردا ، واما فى مستعمرات ( شكل ٨ ) . وأبسط الغلاليات تركيبا هى تلك التى تعيش مفردة ( شكل ٦ ب ) ؛ اذ يبدو الحيــوان رخوا وان كان محاطا بغلالة جلدية ، ومثبتا على اى مرتكز تحت المـاء ، وله فتحة علوية يمر منها المـاء للداخل ، واخرى جانبية ليخرج منها .

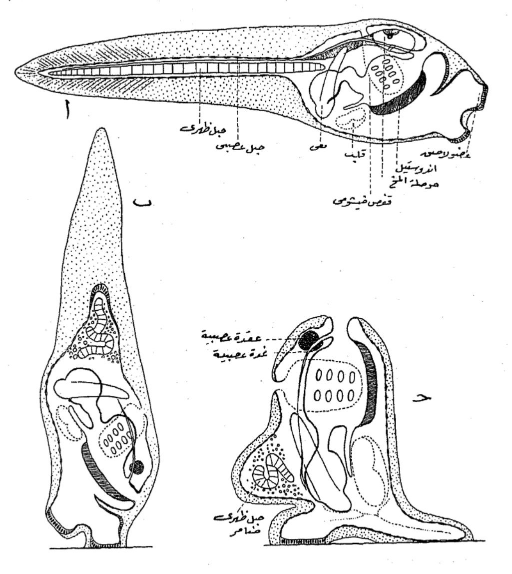



شكل ٦ — حيوان غلالى مفرد . ا ، رسم تخطيطى لتراكيب اليرقة الحرة . ( يظهر فيه الراس وجزء من الذيل ) . الكيس السمعى يمثل اذنا بسيطة . ب ، الحيوان اليافع الجالس ، ويشمل التراكيب الموجودة فى الجزء الأمامى من جسم اليرقة . ويلاحظ أن الناحية الظهورية الأصلية قد اصبحت تجاه اليسار ، ويتصل البلعوم بجدار الجسم من أعلى ومن اسفل ( أو اليسار واليمين كما فى الرسم ) . والدهليز ( الذى يمثل التجويف حول الخيشومى فى السهيم ) يحيط بالبلعوم من الجانبين . ويمر الماء من خلال الخياشيم فى جدار البلعوم الى الدهايز ، حيث يمر الى الخارج عن طريق ثقب الدهليز . ( عن دبلاج وهيرورد ) .

ولا يدل شكل الحيوان الخارجى على وجود اى تشابه بينـــه وبين الفقاريات ، كما لا يوجد له حبل ظهرى ، أو حبل عصبى ، كما هو واضح فى السهيم . وتوجد فقط عقدة عصبية بسيطة تخرج منها بضعة اعصاب ، ويشغل البلعوم الحيز الأكبر من التجويف الداخلى للحيوان ، فهو برميلى الشكل ، يستخدم لجمع الغذاء من المـاء الداخل بمساعدة الأهداب ، ويصفى المـاء من الفتحات الخيشومية العديدة التى تقع على جانبى البلعوم حيث يمر الى تجويف البهو ، ومنه الى الخارج عن طريق الفتحة الجانبية .

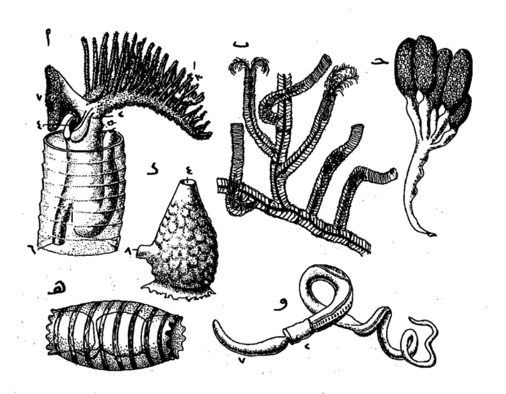
والبلعوم اندوستيل كما فى السهيم ، وتمتد خلفه بقية القناة الهضمية ، تتكون من مرىء ومعدة وأمعاء .

ويتتبع دورة حياة الحيوان ، نلمس بعض الصفات التى تميز المحبولات . فبعض الأنواع تتكاثر بالتبرعم ، أما فى الأنواع الأخرى ، فيوجد طور يرقى مميز ( شكل ١٦ أ ، ب ) شبيه بأبى ذنيبة . وقد يتم




شكل ٧ ــ التحول فى حيوان غلالى مفرد ، أ ، يرقة حرة ( قارن شكل ١٦ أ ). ب ، تلتصق اليرقة بالقاع ويبدأ الذيل فى الضمور . جـ ، تبدأ التراكيب « الجسمية » فى الاختفاء فيما عدا بقايا من الحبل الظهرى ، ويأخذ الجسم شكل الحيوان اليافع المنتكس . ( عن داوبدوف )

تنضج الأجهزة التناسلية فى اليرقة كما فى مجموعة فريدة من الغـــلاليات . ويمثل راس اليرقة جسم الحيوان اليافع ، أما الذيل فيستخدم للسباحة كما يساعد الحيوان فى البحث عن مسكن مناسب له . عندما يستقر الحيوان يفقد الذيل تماما . ويحتوى الذيل على معظم التراكيب المميزة التى تثبت قرابة الغلاليات للفقاريات ، فيوجد حبل ظهرى واضح ، يعلوه حبل عصبى أجوف ، الا أن هذه التراكيب أقل تقدما عن تلك التى توجد فى السهيـــم ، فليس هناك ترتيب عقلى فى العضلات أو الأعصاب . وبالرأس مخ أثرى وبعض أعضاء حسية وعند التحول من اليرقة الى الحيوان اليافع ، يختفى الحبل الظهرى والحبل العصبى ، اذ لا حاجة لهما فى الحيوان اليافع الجالس .




شكل ٨ — الغلاليات والنصفحبليات . أ ، فرد يتيروبرانسكى من جنس رابدبلورا ، بارزا من انبوبته . ب جزء من المستعمـرة . ج . منظـر خارجى لحيوان غلالى مفرد ( قارن شكل ٦ ب ) هـ . حيوان غلالى يعيش طافيا على سطح الماء . و . دودة اطوميـة ( بلانوجلدسس ) .

١ — فتحة الشرج — ٢ — طوق — ٣ — مسراج — ٤ — فم — ٥ — ثقب لخروج الماء والفضلات . ( عن دبلاج وهيرورد ) .

يمكننا ان نفترض ان الفقاريات ارتقت بالتحسن المستمر فى طرق معيشتها

ويتضح من ذلك ان الغلاليات حبليات حقيقية ، قريبة للفقاريات ، ولكن كيف يمكن توضيح هذه العلاقة تطوريا . ان الذين يعتقدون أن أسلاف الفقاريات كانت فى الأزمنة المبكرة حيوانات سباحة نشطة ، يتراءى لهم أن الغلاليات ظهرت كفرع جانبى منتكس من خط أسلاف الفقاريات ، كما يعتبرون ان السلف المشترك للفقاريات والغلاليات قد ظهر بصورة حيوان يافع يجيد السباحة الحره ، ويشبه فى ذلك يرقة الغلاليات . ومن هنا يمكننا أن نفترض ان الفقاريات ارتقت بالتحسن المستمر فى طرق معيشتها النشطة . فى حين اتجهت الغلاليات الى التنكس ، ففقدت معظم التراكيب ، وأبقت على البلعوم الذى يعمل على تصفية الغذاء ، كما انها أصبحت مثالا ملائما للتطور على أساس معيشتها الكسولة البطيئة الحركة .

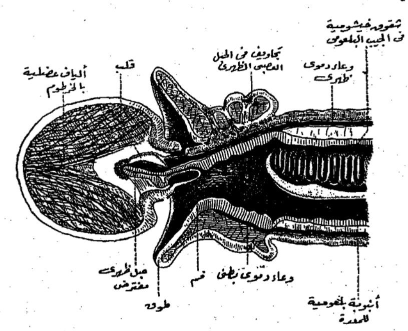
وهناك تفسير آخر ، وهو أن السلف الحبلى للفقاريات كان مثبتا ، يصفى غذاءه فى البلعوم تماما كما يفعل الحيوان اليافع للغلاليات ، وقد ظهر الذيل فى اليرقة ليلائم السباحة ويساعد الحيوان على ايجاد مكان مناسب يستقر فيه ويتخذ منه مسكنا آمنا ، ويعزى ظهور الاشكال المتقدمة الى الاحتفاظ بالذيل ، ومزاولة السباحة الحرة ، مع اختفاء الطور اليافع المثبت .

**الديدان الأطومية** : تتبع مجموعة النصفحبليات التى لها قرابة للفقاريات . ويلاحظ أن صفات الحبليات الرئيسية غير واضحة التكوين فى هذه الديدان ، مما أدى ببعض الباحثين الى فصل مجموعة النصفحبليات الى شعبة منفصلة عن الحبليات . والبلانوجلوسس ( شكل ٨ ، ٩ ) من اكثر الديدان الأطومية شيوعا ، وتوجد بكثرة بالقرب من شواطىء البحار خاصة عند المد . ويوحى شكل الجسم الطويل والرفيع بأن هذه الديدان نشطة بالصورة التى نأمل أن يكون عليها أسلاف الفقاريات ، غير انها ليست كذلك ، فهى ساكنة تحفر فى الرمل والطين ، وتصفى غذاءها كما تفعل الغلاليات . والجسم دودى الشكل وينتهى عند طرفه الأمامى بخرطوم ( بوز ) لين وعضلى ، يعمل كعضو للحفر فى الرمل . ويقع خلفه طوق عضلى سميك . وترجع تسمية هذه الديدان الى وجود الخرطوم والطوق ، اللذين يعطيانها مظهر الأطوم العادى .

وفى معظم الأحوال ، لا يوجد ثمة تشابه بين الديدان الاطومية والفقاريات أو الحبليات الأخرى . ويوجد بمنطقة الطوق حبل عصبى اجوف نوعا ما ، أما فى معظم أجزاء الجسم فتنتشر الخلايا العصبية وأليافها تحت الجلد ،

وذلك بالاضافة الى بعض تجمعات عصبية مصمتة فى الناحيـــة الظهرية والبطنية . ولا يوجد حبل ظهرى بالصورة المعروفة ، بيد أن هنـــاك ردبا نسيجيا صغيرا يمتد من القناة الهضمية الى قاعدة الخرطوم يمثل حبـــلا ظهريا ناقص التكوين .

وتشارك الديدان الأطومية بقية الحبليات فى وجود جهاز خيشـــومى على درجة عالية من التكوين ، وليست الخياشيم واضحـــة تماما كما فى الغلاليات ، ولكن البلعوم الذى يمتد خلف منطقة الطوق ، ( منفصـــلا عن مجرى الغذاء الى المعدة ) ، تفتح على جانبيه شقوق خيشوميـــة تشابه فى تركيبها وطريقة تكوينها الشقوق الخيشومية فى السهيم . وتعتبر هـــذه الديدان الأطومية مجموعة من أسلاف الحبليات المبكرة التى كانت ساكنـــة وتتغذى عن طريق تصفية الغذاء من المـــاء . ولها القدرة على الحركة المحدودة فى أطوارها اليافعة . والمعتقد أن الفقاريات لم تنحدر من مثل هذه الديدان، بالرغم من أن وجود الشقوق الخيشومية فى هذه الديدان يقربهـــا من الفقاريات .




شكل ٩ ــ مقطع طولى يمر بالرأس فى دودة أطومية . ( عن دوادوف ) .

غير أن هناك مثلا آخر ، بتيرونراتكيا ( شكل ١٨ ، ب ) لا توجد فيـــه مثل هذه التراكيب المميزة للفقاريات ، ولولا وجود بعض الشبه بينه وبين

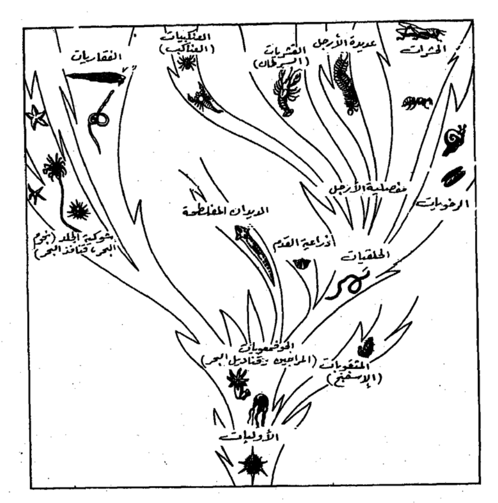
البلانوجلوسس لما اعتبر من النصفحبليات ؛ فالديدان صغيرة جدا وبحرية، وتقع فى عدد محدود من الأجناس . وهى تكون مستعمرات شبيهة بالنبات ، فأفرادها تنبثق كأزهار صغيرة عند نهايات الانابيب المتفرعة فى المستعمرة . والجسم ملتو بحيث تقع فتحة الشرج فى الأمام خلف منطقة الراس ، ويوجد خرطوم امامى ممتد بعد الفم ، وطوق خلف الخرطوم ، وهذا دليل واضح على قرابة هذه الديدان للديدان الاطومية ، اما بقية الصـــفات المميزة للديدان الأطومية أو الحبليات فهى منعدمة . فالجهاز العصبى ضعيف التكوين ، ولا اثر لوجود الحبل العصبى الأجوف ، ولا حبل ظهرى ، كما أن طريقة الاغتذاء مختلفة تماما . فبالرغم من ان هذه الديدان تتغذى بمساعدة الأهداب كما فى معظم الحبليات الدنيا النموذجية ، الا أن الخياشيم — التى تلعب دورا هاما فى ذلك فى الديدان الأطومية والغلاليات والسهيم — مختفية تماما فى هـذه الديدان . ونوع واحد من البتيروبرانك له زوج من الفتحات الخيشومية ، أما الانواع الأخرى فليس لها مثل هذه الفتحات على الاطلاق . ويوجد بديلا لذلك تراكيب خاصة على هيئـــة أذرع ممتدة من منطقة الطوق وتعـــرف بالمسراج ، وهى مزودة بمجموعات من الاهداب تجمع الغذاء وتوصله الى الفم . وقد يوحى الشكل العام لهذه الديدان بانها اشكال منتكسة ، الا أن هناك آراء حديثة توضح أنها مجموعة قديمة جدا . فعلماء الحفريات على علم تام بوجود انواع قديمة جدا من الجرابتوليتات الانبوبية الشكل كانت مزدهرة تماما فى البحار ، قبل ظهور الفقاريات . ومن المحتمل أن هذه الأنابيب تشبه تلك التى تغلف البيتروبرانك الحديثة ؛

وبتعرفنـــا على البيتروبرانك نأتى الى نهاية المجموعات الدنيـــا من الحبليات *. والسؤال الذى يطرح نفسه الآن هو : ما مدى صلة هـذه المجموعات باصل الفقاريات ؟ والإجابة عن هذا السؤال غير جليـة تماما ؛ فقد يتوقع المرء — كما سبق ان ذكرنه — ان خط الاسلاف لا بد ان يؤدى الى أشكال صغيرة نشطة ، مماثل فى ذلك لما يحدث فى اللافقاريات كالديدان ومفصلية الأرجل المتقدمة مثل القشريات والحشرات ، ولكن ما لاحظنـــاه من العرض السابق لمجموعات الحبليات الدنيا المختلفة يخالف هذه التوقعات، فمعظمها حيوانات بطيئة أو ساكنة تعيش على جمع وتصفية غذائها من المـاء بواسطة الأهداب . وقبل ان نصل الى اى تفسير لذلك علينا ان نستعرض بعض شعب اللافقاريات المختلفة كمحاولة لايجاد اقارب للحبليات ..

( * ) من الممكن أن تتبع الحبليات ايضا مجموعة اخرى صغيرة جدا من الأشكال التى تعيش فى مياه البحار العميقة ، وتعرف بالبوجونوفورا ، ولكنها منتكسة جدا ، وغير مدروسة تماما .

## نشوء المجموعات الحيوانية فى اللافقاريات

استحدث الباحثون فى السنوات الحديثة نمطا مبسطا لشجرة النسب للمجموعات الرئيسية للافقاريات ( شكل ١٠ ) ، فالجوفمعـــويات ( أو اللاسعات ) التى تشتمل على أشكال مثل قنـاديل البحر وشقائق النعمان والمراجين تقع بالقرب من منشأ البعــــديات ، وهى الحيوانات التى تعلو الاسفنجيات والأوليات رقيا . الجوفمعويات ثنائية الطبقات ، يتكون جدارها




شكل ١٠ ــ رسم مبسط لشجرة العائلة فى المملكة الحيوانية ، مبينا علاقــة الفقاريات بالمجموعات الحيوانيـــة الأخرى ( عن رومر ، كتاب الانسان والفقاريات ، مطبعة جامعة شيكاغو ) .

من اكتودرم خارجى واندودرم داخلى . وعلى مستوى أعلى من هذه المجموعة تقع الحيوانات الثلاثية الطبقـــات ، حيث تظهر فيها طبقـــة الميزودرم

المتوسطة ، وينشأ منها اجهزة مثل العضلات والدم وغيرها ، وهى بلا شك من اهم طبقات الجسم . وفى بعض اللافقاريات ينشأ السيلوم فى هذه الطبقة . وهناك طريقتان مختلفتان لتكوين السيلوم فى الميزودرم ؛ ففى شوكية الجلد، التى تشتمل على نجوم البحر ، وقنافذ البحر ، وريش البحر وغيرها ، ينشأ الميزودرم كجيوب خارجة من جدار المعى ، وتظل هذه الجيوب كتجاويف مقفلة فى الحيوان اليافع. اما الطريقة الاخرى لنشأة السيلوم فهى التى ينشأ منها الميزودرم ككتل مصمتة من خلايا منفصلة من منطقة قريبة من نهاية الجسم . وتنشأ التجاويف السيلومية كتشققات فى هذه الكتل الميزودومية . وينشأ السيلوم بهذه الطريقة فى الحلقيات والرخويات ومفصلية الارجل ، غير أن الأخيرة تمتاز بنمط آخر متحور يظهر فى الجنين . اما الديدان المفلطحة فتظهر فى الشجرة كفرع جانبى من الفرع الأصلى المؤدى الى المجموعات السابقة ، التى ينشأ فيها الميزودرم بالطريقة الثانية . وعلى ذلك فاللافقاريات التى على مستوى اعلى من الجوفمعويات تكون فرعين رئيسيين على شكل حرف Y ، أحدهما ينتهى بشوكية الجلد ، والآخر بمعظم المجموعات الأخرى المتقدمة . اما المجموعات الصغيرة من امثال المسرجيات والحزازيات الحيوانية فلا تقع تماما فى احد الفرعين ، وانما تقع بالقرب من شوكية الجلد .

ولا يختلف الفرعان الرئيسيان لشجرة اللافقاريات فى تكوين الميزودرم فحسب ، وانما فى طريقة نمو اليرقات ايضا ؛ ففى شوكية الجلد من جهة ، والحلقيات البحرية والرخويات من جهة أخرى ، تفقس البيضة عن يرقة صغيرة ذات تركيب بسيط ، بها اهداب مرتبة فى صفوف او فى مجموعات على سطح الجسم . وليرقة شوكية الجلد اهداب مختلفة تماما عن اهداب يرقة الرخويات او الحلقيات . والسؤال الآن : ما هو المكان الذى نشأ فيه فرع الحبليات ( والفقاريات ) فى شجرة الفقاريات ؟ . لقد ظهرت عدة نظريات للاجابة عن هذا السؤال بالرغم من ان الادلة الايجابية قليلة . وتفترض احدى هذه النظريات ان الحبليات نشأت مباشرة من حيوانات بعدية بدائية على مستوى الجوفمعويات . وهنا لا تكون اية صعوبة للتغلب عليها ، فالحيوانات التى على هذا المستوى من التطور لها قليل من الخصائص التى لا بد ان تزول او تختفى فى طريقها الى الفقاريات . غير ان انحدار الحبليات من الجوفمعويات احتمال بعيد ؛ فهناك عدد من الصفات المتقدمة لا توجد فى الجوفمعويات على حين توجد فى شعبة غيرها من اللافقاريات ، كظهور الميزودرم ووجود فتحة فم وفتحة شرج منفصلة . ويبدو انالفقاريات قد اكتسبت هذه الصفات المتقدمة من مجموعات اخرى

متقدمة ، ولسوف نستعرض هذه المجموعات ، كلا على حـــدة ، فى محاولة لاكتشافها كأسلاف حقيقية للفقاريات .

## الديدان الحلقية ( الحلقيات ) كأسلاف للفقاريات :

لقد حازت نظرية نشوء الفقاريات من الحلقيات القبـــول فى سنوات النصف الأخير من القرن التاسع عشر . فكثير من الحلقيات البحرية متقدمة فى التركيب ، فهى معقلة وجانبية التماثل ونشطة مثـــل الفقاريات اذا ما قورنت بالطرز الجالسة فى كثير من شعب اللافقاريات . والجهـاز العصبى لهذه الديدان متميز الى مخ يقع فى الجزء الأمامى من الجسم ، وحبل عصبى طويل ، غير أن المقارنات بين الحلقيات والفقاريات ، دون الصفات السابقة ، تختلف اختلافا واضحا . وحتى التعقيل الظاهر لا يوحى بتشابه أصـــيل بينهما ؛ فالتعقيل حقيقى فى الديدان ، يظهر من الجلد حتى بطانة المعى ، أما فى الفقاريات فهو مركز فى جزء من الطبقـــة المتوسطة فقط . والحبـــل العصبى الطولى ــ ولو أنه مصمت ويقع فى الناحية البطنية للحلقيـات ــ يمثل حجر عثرة فى صحة هذه النظرية . غير أن بعض المفسرين قد تغلبوا على هذه العقبة ، بافتراض أن الحيوان الفقارى ما هو الا دودة مقلوبة من أسفل الى أعلى ( شكل ١١ ) . ولكن هذا الافتراض غير مقبـــول . ففم الدودة فى أسفل الرأس وهذا ما يحدث أيضا فى الفقاريات ومعنى ذلك أن انقـــلاب السطح البطنى للدودة الى أعلى يؤدى ، نظريا ، الى قفل فتحة الفم ، وظهور فتحة فم جديدة فى الناحية البطنيـــة . ولقد حاول الكثيرون تتبع وضـــع فتحة الفم القديمة فى أجنة الفقاريات ؛ اذ أنها ــ تبعا لمـا تشير اليه هـذه




شكل ١١ ــ رسم تخطيطى ليوضح طريقة تحول الدودة الحلقية الى حيوان فقارى . فى الوضع العادى يمثل الشكل دودة لها مخ فى الأمام وحبل عصبى ممتد فى الناحية البطنية للجسم والفم فى أسفل الجزء الأمامى وفتحة الشرج فى نهاية الذيل ، ويمر الدم فى اتجاه الأسهم فى الناحية الظهرية والى الخلف فى الناحية البطنية . وعند قلب الصفحة ، يظهر رسم تخطيطى لحيوان فقارى . له حبل عصبى وأوعية دموية معكوسة الاتجاه ، ويظهر هنا فم جديد وفتحة شرج قريبة من الفتحات القديمة . وليس للدودة حبل ظهرى ، ولهذا فالتغير المفروض ليس سهلا كما يبدو ( عن ويلدر ، تاريخ جسم الانسان باذن من الناشر هنرى هلت وشركاه ) .

النظريه ـ يجب أن تتجه الى أعلى والى الامام من خلال المخ حتى تستقر أعلى الراس . غير انهم لم يستطيعوا الوصول الى نتيجة تؤيد ذلك الافتراض . واذا افترضنا جدلا ان هناك تفسيرا لتغيير موضع الفم ، فهناك من العقبات ما يجعلنا نستبعد هذه القرابة ، فلا يوجد اثر لحبل ظهرى فى الحلقيات ، أو لخياشيم داخلية . غير ان هذه الصفات يمكن التغاضى عنها اذا ما اعتبرنا ان مثل هذه التراكيب ـ كما سبق ان اشرنا ـ ضعيفة التكوين فى بعض الحبليات البسيطة . والاختلاف الواضح بين الحلقيات والفقاريات يظهر فى طريقة تكوين الميزودرم . ففى الحبليات عامة يظهر الميزودرم على نمط الجيوب مما يجعل انحدار الفقاريات من الحلقيات امرا بعيد الحدوث .

## العنكبيات كاسلاف للفقاريات

مما لا شك فيه ان مفصلية الارجل منحدرة من الحلقيات ، او من اسلاف قريبة لها . وتضم هذه الشعبة اكثر اللافقاريات نشاطا وتقدما ؟ ولهذا ظهرت نظريات تعتبر مفصلية الارجل كاسلاف للفقاريات . والعنكبيات من بين هذه الشعبة مجموعة قريبة للفقاريات ، فهناك امثلة بحرية من العنكبيات مثل ملك السرطان ( ليمبولس ) وأنواع اخرى قدامة جدا منقرضة مثل الايوريبتيريدات التى يظن أنها اسلاف للفقاريات . وللعنكبيات حبل عصبى بطنى كما فى الحلقيات ، مما يزيد من صعوبة هذا الافتراض وكذلك لا يوجد حبل ظهرى او خياشيم داخلية ، مثلها مثل الديدان ، وبالاضافة الى ذلك فان وجود ارجل مفصلية لا يمكن ان تكون قد تحولت الى زعانف فى الاسماك . والايوريبتيريدات القديمة كانت مغطاة بغطاء كيتينى سميك يشبه الدرع العظمى لبعض الاسماك القديمة ، كما هو مبين فى شكل ١٨ . غير ان هذا التشابه غير ذى بال ، وشكلى فقط ، حيث ان السطح البطنى للعنكبيات يماثل السطح العلوى للحيوان الفقارى اذا اخذنا فى الاعتبار انقلاب الاسطح . وخلاصة القول انه اذا كان ظهور الفقاريات مرتبطا بالعنكبيات فان السلف المفترض لا بد أن يكون قد فقد معظم صفاته واختزل نفسه الى كتلة جيلاتينية عديمة الشكل تشكل منها جسم الحيوان فقارى .

وثمة تفسير آخر لعلاقة العنكبيات بالفقاريات ، استطاع التغلب على معظم الصعاب العديدة التى اشرنا اليها ، وهو عدم قلب الجسم من أسفل الى أعلى . ولكن القناة الهضمية هى التى امتدت وتفرعت وكونت تجاويف شبيهة بتلك التى توجد فى مخ الحيوان الفقارى وحبله الشوكى . وهـــذه النظرية القريبة فى منطقها ، تفترض أن الحبل العصبى البطنى للعنكبيات قد هاجر الى أعلى ليحيط بالقناة الهضمية التى أصبحت بدورها تجاويف للجهاز العصبى ، فى الوقت الذى تكون فيه جهاز هضمى جـــديد ، وذلك نتيجة لقفل الشقوق البطنية التى تقع بين الأرجل . وان كانت هذه النظرية قد تغلبت على العقبات التى يقابلها قلب الحيوان من أسفل الى أعلى ، الا انها اظهرت صعوبات اخرى جديدة ، يصعب ايجاد حل مقبول لهـا . فلا يوجد تفسير قوى لتغيير الجهاز الهضمى من صورة الى أخرى ، كمـا أنه من الصعب تصور المراحل المتوسطة لذلك التغيير .

## شوكية الجلد كاسلاف للفقاريات

تشير الدلائل على ان شوكة الجلد هى اقرب اللافقاريات الى الحبليات وتفترض فى كثير من الدراسات المختلفة أن هاتين الشعبتين متقاربتان بالرغم من وجود اختلاف واضح بينهما . ففى كثير من الفقاريات ينشأ الميزودرم بطرق مختلفة ومعقدة . أما فى السهيم فيظهر على هيئة جيوب من جـــدار المعى ، تماما كما هى الحال فى شوكية الجلد . ولبعض النصفحبليات يرقة مهدبة ( شكل ١٢ ) على غرار يرقة شوكية الجلد . وهما متشابهتان لدرجة كبيرة ، مما ادى الى اعتبارهما يرقة واحدة مشتركة بين المجموعتين ؛ غير ان دراسة تاريخ حياتهما قد أوضح الفارق بينهما .




شكل ١٢ ـ مناظر جانبية تخطيطية ليرقات ( أ ) دودة أطومية ، ( ب ) نجم البحر ، ( جـ ) خيار البحر ، كلها مكبرة . يمثل الخط الأسود حزم الأهداب . والقناة الهضمية تظهر منقطه . والمناظر من الناحية اليسرى لليرقات التى لها تماثل جانبى ( عن ديلاج وهيرورد ) .

ولقد اثبتت الدراسات الكيموية الحيوية هذا التقارب بين الشعبتين؛ فبروتين الدم يختلف كثيرا من نوع الى نوع فى الحيوان . ويبدو أن الأشكال القريبة جدا لها تركيب متشابه فى هذا البروتين ، فبتحليل امصال الديدان الأطومية وغيرها من الحبليات الدنيا ثبت وجود قرابة اكيدة لشوكية الجلد دون باقى اللافقاريات . وتؤكد كيمياء العضلات هذه القرابة . ففى كل الحيوانات التى بها عضلات توجد مركبات الفوسفور التى تلعب دورا هاما فى انطلاق الطاقة اللازمة لنشاطها . وفى الفقاريات يوجد الكيراتين متحدا مع الفوسفور ( راجع الفصل التاسع ) ، أما فى معظم شعب اللافقاريات فيوجد مركب بديل للكيراتين وهو الأرجينين . أما فى شوكية الجلد فيوجد الكيراتين والأرجينين معا . والأرجينين موجود فى بعض الفلاليات كما يوجد كذلك الكيراتين مع الأرجينين فى بعض النصفحبليات . وهذه حقائق تدعم صلة القرابة بين شوكية الجلد والحبليات .

**نسب الحبليات** : من المؤكد أن الفقاريات وغيرها من الحبليات لم تنشأ من شوكية الجلد لما لها من أعضاء متخصصة وقطع هيكلية وتماثل شعاعى . فشكل نجم البحر ، أو قنفذ البحر ، مثلا ، بعيد كل البعد عن اى خط يؤدى الى الحيوان الفقارى . غير أن هناك نقطة هامة لا بد من مراعاتها . فمعظم شوكية الجلد حرة الحركة ونشيطة ، ويؤكد السجل الحفرى لأسلاف شوكية الجلد انها كانت جالسة أو مثبتة ، ولا تزال توجد مجموعة من شوكية الجلد — وهى زنابق البحر — مثبتة بساق فى قاع البحر ، ولها أذرع ريشية الشكل مزودة بأهداب تقوم بتصفية الماء للحصول على غذائها ، وربما كانت هذه الصفة هى محور التفسير . فهذه الطريقة فى المعيشة هى نفسها التى تعيشها البتيروبرانك الصغيرة ، وهى التى بلا شك قريبة من الفقاريات بالرغم من بساطة تركيبها ، واختفاء معظم الصفات المميزة للفقاريات ، أو حتى الحبليات فيها .

وبالرغم من الفروق الواضحة بين شوكية الجلد البدائية والبتيروبرانك فيمكن القول بأنها نشأت من سلف قديم مشترك . فالبتروبرانك — باستثناء وجود الخرطوم الصغير والطوق الذى يقربها من الديدان الأطومية — تعتبر بلا شك قريبة للنمط المتوقع لمثل هذا السلف المشترك .

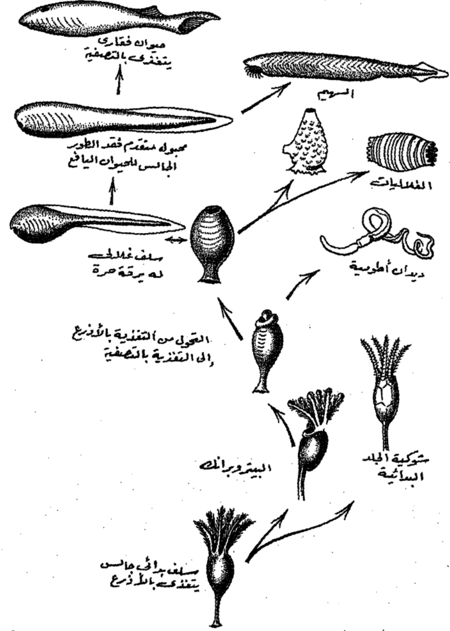
وعلينا أن نتجاهل الآراء التى تقول أن سلف الحبليات كانت سباحة ونشطة ، وأن نقبل الرأى الذى يؤكد ان هذا السلف كان جالسا يعيش فى القاع ويجمع غذاءه ويدفعه إلى فمه بواسطة المسراج الممتد للخارج . وعلى

هذا الأساس ، يمكن وضع نظرية مقبولة لتطور الحبليات ( شكل ١٣ ) . فالحيوانات الصغيرة التى لها مثل هذه الصفات الآن مثل ذراعية القدم والحزازيات لها علاقة بعيدة بشوكية الجلد والحبليات . ويؤكد ذلك أن سلف الحبليات كان من الأشكال التى لها مسراج . ولربما نشأت شوكية الجلد من مثل هذه الأشكال مع ظهور أعضاء متخصصة مختلفة . وربما تكون البيتروبرانك قد نشأت هى الأخرى من مثل هذه الأشكال مع بعض من التحور القليل فيما عدا تكوين منطقة الطوق السميكة والخرطوم الصغير .

ومن أهم الصفات التى ظهرت لتمييز الحبليات الحقيقية هى تغيير طريقة جمع الغذاء واستبدال المسراج بالخياشيم ، وقد نرى ظهور زوج من الفتحات الخيشومية فى أحد أنواع البيتروبرانك قد ساعد على سحب المواد الغذائية الى القناة الهضمية . ومع ظهور جهاز خيشومى لتصفية الغذاء اختفت المساريج . ويبدو أن الديدان الأطومية التى لا تزال جالسة وليست لها ساق تمثل فرعا جانبيا فى هذه المرحلة من التطور . وتكوين جهاز خيشومى مصمم لتصفية الماء قد أدى الى ظهور الغلاليات النموذجية كفرع متقدم ، الا ان هذه المرحلة أظهرت عنصرا جديدا للملاءمة غير كثيرا من الصورة التى تم بها تطور الحبليات العليا .

واليرقة فى أى حيوان جالس لابد أن تجد مكانا مناسبا فى قاع البحر ، تستقر فيه وتستكمل نموها الى الحيوان اليافع . ولكن كيف تصل الى مثل هذا المكان ؟ بعض الديدان الأطومية لها يرقات مهدبة ذات قدرة محدودة على الحركة ، واليرقة الشبيهة بأبى ذنيبة ، وهى التى تكونت قبل الوصول الى مستوى الغلاليات مثل قوى لذلك . فقد ظهر لهذه اليرقة ذيل عضلى ، وحبل ظهرى ، وحبل عصبى ، وأعصاب تسيطر على حركات العضلات ، كما ظهرت لها أعضاء حسية ترشدها فى أثناء سباحتها الى المكان المناسب لتثبت نفسها فيه ، ولتكمل نموها الى الطور اليافع .

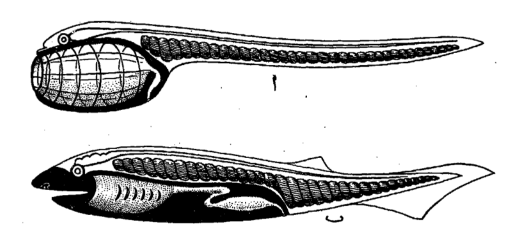
وما ان ظهرت هذه اليرقة الجديدة ، حتى حدث تغيير جذرى فى اتجاه تطور الحبليات ، فقد أصبحت الحياة النشطة سهلة وممكنة لكثير من الأشكال باستثناء الغلاليات التى ظلت ساكنة وجالسة . وفى بعض الحالات اعرض الحيوان عن الاستقرار الدائم وأصبح نشيطا ، حر الحركة طوال حياته ، على الرغم من استخدام بلعومه فى الحصول على الغذاء بطريقة التصفية . وبالرغم من أن السهيم يحيد قليلا عن خط التطور المباشر ، الا انه يمثل مرحلة متقدمة تتم فيها التغذية بالتصفية . وقد اختفت فيها




شكل ١٣ — رسم تخطيطى لشجرة العائلة موضحا الطريقة المحتملة لتطور الفقاريات ، فلربما نشأت شوكية الجلد من أشـكال لا تختلف كثيرا عن البتيروبرانك . وانحدرت الديدان الاطوميـــة من البتيروبرانك التى كونت لنفسها جهازا خيشوميا للاغتذاء ، لكنها لم تتقدم كثيرا فى نواح أخرى . وتمثل الغلاليات مرحلة أصبح الجهاز الخيشومى فى أطوارها اليافعة متقدما . والأهم من ذلك ان بعض الغلاليات كونت يرقات حرة الحركة فى المـاء ، لها تراكيب متقدمة كالحبل الظهرى والحبل العصبى وصفات أخرى تساعدها على السباحة . وقد اختفى الطور الجالس تجاه ظهور السهيم والفقاريات . ويعزى كل هذا التقدم الى وجود طور اليرقة ( عن رومر . قصة الفقاريات ، مطبعة جامعة شيكاغو ) .

الطريقة التى كان يتبعها سلفه الساكن . غير أن الحبليات لم تقف عند هذا الحد من التطور ، فالقدرات القوية للحركة قد أدت الى دفع عجلة التطور النشطة نحو الفقاريات .

**« حشوى » ، و « جسمى »** : فى فصول الكتاب التالية سوف نقابل هذين اللفظين كما فى التراكيب الهيكلية الحشوية والجسمية ، والعضلات الجسمية ، والأعصاب الحشوية والجسمية . وللتراكيب الحشوية علاقة بالقناة الهضمية وأجزائها وخاصة البلعوم ، أما التراكيب الجسمية فهى تشمل الأجزاء الأخرى الخارجية فى الجسم ، ولا بد أن نأخذ فى الاعتبار أن هذه الألفاظ لا تمثل سوى تعاريف موضعية لا أكثر ، غير أنه من المحتمل أن يكون هناك تاريخ نسب وراء هذه التراكيب الحشوية والجسمية . فالحيوان الغلالى يحتوى على تراكيب مثل المناسل والجهاز العصبى البسيط بجانب البلعوم وبقية القناة الهضمية . وباستثناء وجود جلد خارجى أو غلالة فهو يمثل الجزء الحشوى فى الفقاريات . أما المكونات الجسمية فهى




شكل ١٤ ــ رسم توضيحى يبين مدى التباين بين المكونات « الحشوية » « والجسمية » فى جسم الحبليات . ( أ ) طراز نظرى لحبلى مشابه ليرقة الغلاليات لكن المكونات الجسمية موجودة فى الطور اليافع . ( ب ) حيوان فقارى حقيقى ، الجزء الأسود يمثل المكونات الحشوية . فى أ يقع الحيوان الجسمى خلف الحيوان الحشوى ( ممثلا بذلك السلف الحبلى ) الا أن الأعضاء الحسية والجزء الأمامى من الحبل العصبى ممتدة الى الأمام والى أعلى . وفى «ب» . تتراكب المكونات الحشوية والجسمية معا لدرجة معينة متكاملة .

تتمثل فى أعضاء الحركة والعضلات المتصلة بها والحبل الظهرى والجهاز العصبى المتقدم وأعضاء الحس الخاصة بالسيطرة على كل هذه التراكيب . وفى بادىء الأمر ، كانت هذه التراكيب الجسمية تقع فى الجزء الخلفى لجسم الحيوان الحشوى ، ومع ظهور الفقاريات وتقدمها تداخلت هذه التراكيب الحشوية والجسمية معا ، وتكاملت بعضها مع بعض . وحتى الآن نرى أن التمييز بين هذين النوعين من التراكيب يظل واضحا فى أثناء نمو الحيوان، أو حتى فى صورته اليافعة . وقد نعتبر ان الحيوان الفقارى الحالى مكون من حيوانين متميزين : واحد حشوى وآخر جسمى ، وقد اتحد الحيوانان معا فى تركيب واحد ، مع وجود بعض آثار تميزهما .

الفصل الثالث

# ماذا تعرف عن الفقاريات

ان دراسة الأعضاء والأجهزة العضوية وأشكالها ووظائفها المختلفة ــ وهى الهدف الأساسى من الدراسة هنا ــ لا تعطينا الا نبذة ، من زاوية معينة، عن الفقاريات . وليس ما يجب أن نعرفه هو مجرد الأجزاء المنفصلة ، وانما الحيوان ككل ، حياته ومكانه فى الحياة . وتعطينا الدراسة الحالية صورة عامة عن الفقاريات ليست أكثر من تشريح جثة ، وسوف يعطينا أى مقرر فى علم وظائف الأعضاء معلومات كاملة عن البشر . ونأمل أن يقرأ الطالب بعض ما كتب عن « التاريخ الطبيعى » للفقاريات ليكون فكرة عن الحيوانات الحية التى شرحت أجسامها جزءا جزءا فى هذا الكتاب . وسنعطى هنا فكرة مختصرة عن افراد المجموعات الفقارية حتى يتسنى لنا معرفة وضع النماذج التى نناقشها فى اطار نشوئها .

## السجل الجيولوجى

يتطلب سجل الحفريات وما يحتويه من حيوانات مندثرة عناية فى هذه الناحية . فى التشريح المقارن نقوم بمقارنة الافراد الموجودة من المجموعات المختلفة وكان أحدها قد انحدر من الآخر ، كأن الثدييات قد انحدرت من الزواحف الموجودة وهذه من البرمائيات والأسماك الموجودة . غير أنه من الواضح أن هذه ليست الحقيقة ؛ فالسلحفاة من الزواحف الا انها ليست سلفا للثدييات ، فقد أخذت فسحة من الوقت لتتفرع من فرع الزواحف البدائية المشترك مثل ما أخذته الثدييات والضفدعة من البرمائيات ، الا انها ليست بالتأكيد من نوع البرمائيات التى اشتقت منها الفقاريات البرية الأكثر تقدما . وانه لمن خلال دراسة علم الحفريات فقط يمكننا أن نأمل فى اكتشاف حقيقة الأسلاف المشتركة التى نشأت منها الفقاريات الحية المختلفة .

وعند مناقشة الحفريات فانه من الضرورى معرفة فكرة عن الجدول الزمنى الجيولوجى ( راجع جدول ١ ) . ويقسم تاريخ الأرض لبضعة بلايين من السنوات الى بعض الوحدات الزمنية الكبيرة تسمى « الأحقاب » وتقسم

جدول ١ : العصور الجيولوجية فى الفترة بعد ان أصبحت الحفريات متوافرة.. ( ويقسم العصر الكربونى بوجه عام الى فترتين ، مسيسيبية (مبكرة) وبانسلفانية ( متأخرة ) وقد بنى التقدير الزمنى على اساس اسبة تحلل المواد المشعة الموجودة فى عدد من الرواسب ) .

| الأحقاب ومدتها | العصر | التقدير الزمنى منذ بداية كل عصر ( مقدراً بملايين السنين ) | الوقت | الحيـــاة |
|---|---|---|---|---|
| الحقبة السينوزوية أو حقبة الحياة الحديثة ( عصر الثدييات حوالى ٧٠ مليون سنة ) | الرباعى | | الحاضر | الأنواع الحديثة من الثدييات او اسلافها ، نقص الثدييات |
| | | | البليستو سينى | الأنواع الحديثة من الثدييات او اسلافها ، نقص الثدييات الضخمة الى العشر . انتشار المتجمد الواسع . |
| | الثلاثى | ٧٠ | البليوسينى | ظهور اجناس حديثة كثيرة من الثدييات . |
| | | | الميوسينى | بداية العوئيلات الحديثة من الثدييات ، انتشار الحشائش المنبسطة ، نشأة الثدييات الخفيفة السير . |
| | | | الأوليجوسينى | بداية العائلات الحديثة من الثدييات . |
| | | | الباليوسينى | سيادة الثدييات القديمة . |

| الحقبة | العصر | منذ (مليون سنة) | | الأحداث |
|---|---|---|---|---|
| الحقبة الميزوزوية أو حقبة الحياة الوسطى ( عصر الزواحف ، واستمر حوالى ١٥٥ مليون سنة ) . | الكريتاسى | ١٣٥ | | بدء سيادة النباتات ذات البذور ، واندثار الزواحف الضخمة والأصداف الحفرية الحلزونية مع نهاية هذا العصر . |
| | الجوراسى | ١٨٠ | | سيادة الزواحف فى البر والبحر والهواء ، بداية الطيور ، الثدييات القديمة . |
| | الترياسى | ٢٢٥ | | أول الديناصورات ، السلاحف ، الزواحف السمكية ، الزواحف السابحة ، سيادة النباتات الزهرية . |
| الحقبة الباليوزوية أو حقبة الحياة القديمة ، (إستمرت حوالى ٣٧٥ مليون سنة ) . | البرمى | ٢٧٠ | | تشعع الزواحف التى تحل محل البرمائيات كمجموعة سائدة انتشار التجمد الواسع . |
| | الكربونى | ٣٥٠ | | الغابات الخشبية من النباتات والبذور الريشية ، وفرة أسماك القرش وزنابق البحر ، تشعع البرمائيات ، الزواحف الأولى . |
| | الديفونى | ٤٠٠ | | عصر الأسماك ( غالبا المياه العذبة ) ، الأشجار الأولى والغابات والبرمائيات . |
| | السيلورى | ٤٤٠ | | غزو البر بالنباتات ومفصلية الأرجل ، الأسماك القديمة . |
| | الأوردوفيسى | ٥٠٠ | | ظهور الفقاريات ( مصفحات الجلد ) ، سيادة ذراعية الأقدام والرأس قدميات . |
| | الكامبرى | ٦٠٠ | | ظهور جميع شعب اللافقاريات الكبيرة وكثير من الطوائف ، سيادة ثلاثية الفصوص والرأس قدميات ، طحالب متفرقة . |

هذه الى عدد من العصور . ولا يوجد بالنسبة للأحقاب المبكرة سوى القليل من المعلومات الصحيحة عن الحياة بأى صورها حيث يقتصر سجل الحفريات كلية على الأحقاب الثلاثة الأخيرة التى تتراوح تقريبا فى نصف بليون سنة من تاريخ الأرض .

وأول هذه الأحقاب الثلاثة هو الحقبة الباليوزوية أو حقبة الحياة القديمة التى امتدت ما يقرب من ٣٧٠ مليون سنة والتى قسمت الى ستة عصور، ويحتوى سجل الحفريات المتبقية من بحار أقدم العصور (الكامبرى) على أمثلة كثيرة لكل مجموعة حيوانية كبيرة تقريبا فيما عدا الفقاريات . وقد وجدت أول آثار طفيفة للحيوانات ذات العمود الفقارى فى أحجار العصر التالى أو الأوردوفيسى ، كما وجدت أعداد غير متوقعة من الأسماك البدائية القديمة فى العصر السيلورى الذى تبعه . وربما تكون قلة أو ندرة الحفريات الفقارية المبكرة نتيجة لنشأة هذه المجموعة فى المياه العذبة ، فرواسب أقدم العصور الباليوزوية معظمها بحرية . وفى العصر الديفونى كانت الأسماك كثيرة فى رواسب المياه العذبة ، كثيرة لدرجة أن هذا العصر يطلق عليه أحيانا اسم « عصر الأسماك » كما غزا الكثير منها البحار كذلك . وتدل الرواسب الأرضية للعصر الديفونى العالم الجيولوجى على أن جزءا كبيرا من الأرض قد تعرض لجفاف موسمى ملحوظ كما هى الحال فى مناطق استوائية معينة فى وقتنا الحاضر ، حيث تبودلت أوقات الأمطار الغزيرة مع مواسم جفاف الأنهار وركودة المستنقعات . ويبدو أن هذه الظروف قد أثرت تأثيرا كبيرا فى تاريخ الأسماك ونشأة الحياة على اليابسة .

وفى النهاية الأخيرة للعصر الديفونى ظهرت أول الفقاريات البرية أو البرمائيات ، حيث شاعت الأفراد البدائية لهذه المجموعة فى رواسب المستنقعات التى تميز العصر الكربونى ، العصر الذى تكونت خلاله طبقات الفحم الأرضية الكبيرة . وقبل نهاية ذلك العصر نشأت الزواحف الأولى وأصبحت رتب الزواحف المبكرة حيوانات برية شائعة فى العصر البرمى الذى انتهت به حقبة الحياة الباليوزوية القديمة .

وكثيرا ما يطلق على الحقبة الميزوزوية أو الحقبة الوسطى للحياة اسم « عصر الزواحف » حيث ان أفراد هذه الطائفة قد سادت الحياة البرية لهذه الحقبة وازدهرت أنواع كثيرة من الزواحف ، التى اندثرت الآن فى البحار وفى الهواء على السواء . وبالاضافة الى ذلك فان أرقى المجموعات الفقارية بدات حياتها فى الحقبة الوسطى للحياة ، حيث ظهرت أقدم

الثدييات فى الفترة بين العصر الترياسى والعصر الجيوراسى ، كما ظهرت اقدم الطيور المعروفة قرب نهاية العصر الجيوراسى الا ان كلتا المجموعتين ظلتا غير ظاهرتين حتى نهاية تلك الحقبة .

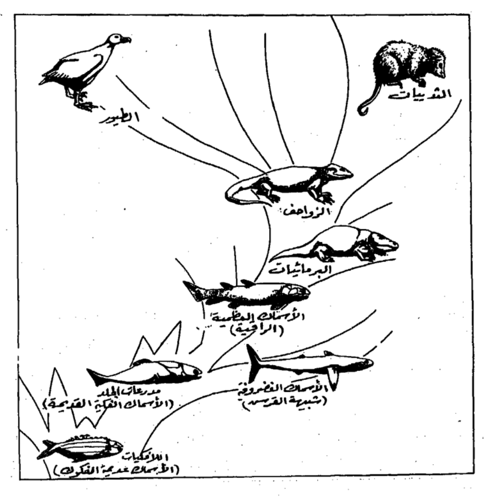
أما الحقبة السينوزوية فهى عصر الحياة الحديثة أو «عصر الثدييات» . ففى نهاية الحقبة الوسطى للحياة أصبحت قوافل الزواحف قليلة جـدا تاركة هذه الطائفة من الفقاريات فى أضعف مراحلها الحديثة . وظهرت أنواع الطيور الحديثة فى فجر العصر الحديث كما ظهر التطور السريع للثدييات بوضوح أكثر فى المجموعات المختلفة التى تسود الأرض فى الوقت الحاضر .

## تصنيف الفقاريات

تكون الحيوانات ذات العمود الفقرى شعيبة الفقاريات التابعة لشعبة الحبليات . أما الخطوة التالية للتصنيف فهى تقسيم الفقاريات المختلفة الى مجموعة من الطوائف . وتتضح المظاهر المميزة لبعض هذه الطوائف لكل من له دراية ولو ضئيلة بالحياة . وتشمل طائفة الثدييات الحيوانات الثديية المعروفة ذات الدم الحار والمغطاة بالشعر والتى تحتوى فيما بينها على الانسان نفسه ، أما طائفة الطيور فتتميز بوجود الريش والأجنحة وبأن لها ، مثل الثدييات ، درجة حرارة جسم ثابتة . وتمثل طائفة الزواحف ــ فى عدم وجود المظاهر التقدمية للطيور والثدييات ــ مستوى اقل رقيا للحياة على اليابسة ، بالعظاءات « بالسحالى » والثعابين والسلاحف والتماسيح كأمثلة حية . وهناك مجموعة رابعة هى طائفة البرمائيات وتشمل الضفادع والعلاجيم والسمندر وهى حيوانات رباعية الأرجل ، الا انها تذكرنا بالأسماك فى كثير من الوجوه .

ويمكننا أن نجمع بقية الفقاريات الدنيا مشتركة تحت اسم « أسماك »، وتجمع هذه النماذج ( أو معظمها ) أحيانا فى طائفة واحدة من الفقاريات ــ والفكرة فى هذه الحالة أنها تبدو جميعها مبنية على فكرة مشتركة هى أنها كلها تعيش فى الماء وتتحرك بالزعانف بدلا من الأطراف . الا أن هذه غالبا وجهة نظر انسانية شخصية بحتة . فسمكة البكالاه الذكية ، والتى يثار غضبها ، يمكن أن تبين لنا أن ذلك ليس أكثر حساسية من وضع كل الحيوانات البرية فى طائفة واحدة ما دامت الضفادع والانسان ــ من وجهة نظره ــ كرباعيات أرجل رئوية التنفس ، كثيرة التشابه . وفى الحقيقة اننا اذا نظرنا الى الموقف من الناحية المادية نجد أن سمكة البكالا والجلكى

على طرفى عالم الأسماك تختلفان من الناحية التركيبية اختلاف البرمائيات والثدييات ، وربما كان من الأفضل ترتيب الأسماك فى أربع طوائف من الفقاريات الدنيا هى : طائفة **اللافكيات** للفقاريات عديمة الفكوك مثل الجلكيات الحية وأقاربها من الحفريات . وطائفة **مدرعات الجلد** للأسماك الفكية البدائية من العصر القديم التى اندثرت فى الوقت الحاضر ، وطائفة **الأسماك الغضروفية** لأسماك القرش وأقاربها وطائفة **الأسماك العظمية** للأسماك الراقية التى تشكل فى الوقت الحاضر غالبية عالم الأسماك .




شكل ١٥ — شجرة عائلة مبسطة لطوائف الفقاريات ( عن رومر — قصة الفقاريات مطابع جامعة شيكاغو ) .

اذا أردنا ان نجمع هذه الطوائف الثمان يمكننا على سبيل الاقناع ان نعتبر المجموعات البرية الأربع العليا مكونة فوق طائفة رباعية الأقدام أو الحيوانات ذات الأربع الأرجل ، فى حين تكون الأسماك فوق طائفة الأسماك :

فوق طائفة الأسماك
- طائفة اللافكيات
- طائفة مدرعات الجلد
- طائفة الأسماك الغضروفية
- طائفة الأسماك العظمية

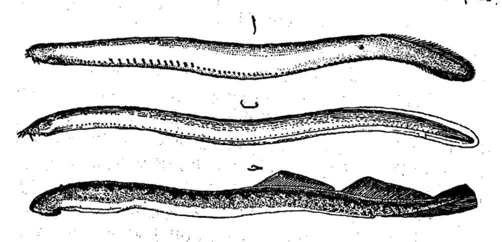
فوق طائفة رباعية الأقدام
- طائفة البرمائيات
- طائفة الزواحف
- طائفة الطيور
- طائفة الثدييات

وليست هذه سوى طريقة واحدة من عدة طرق بديلة لتجميع طوائف الفقاريات . وهناك البعض ، يؤكدون على صفة تكوين الفكوك ، حيث يضعون فى مقابل « اللافكيات » كل الفقاريات الباقية فى مجموعة «الفكيات» أو ( فكيات الفم ) . كما أنه فى تجميع آخر توضع أرقى ثلاث طوائف فى مجموعة تسمى الرهليات ( السلويات ) ، على حين توضع الطوائف الخمس الباقية فى مجموعة اللارهليات ( اللاسلويات ) . ويعتمد التقسيم الأخير على حقيقة أن الأنواع الدنيا بصفة عامة لها طريقة بسيطة فى التكاثر حيث يوضع البيض وتنمو الصغار فى الماء ، فى حين أن للزواحف بيضة ذات قشرة توضع على اليابسة ويحدث التكوين بداخلها بطريقة معقدة ( موصوفة فى فصل آخر ) . أما بعض الزواحف وكل الثدييات تقريبا فانها تحمل صغارها أحياء، الا انها استبقت على نفس النظام العام للتكوين الجنينى ، وقد اشتق اسم الرهليات من الرهل وهو احد الأغشية التى تحيط بالجنين فى أثناء نموه فى الثدييات والطيور والزواحف على السواء .

ويوجد ملخص لتصنيف الفقاريات فى نهاية الكتاب وفى ابسط صوره يمكن تخطيط نشأة طوائف الفقاريات ( شكل ١٥ ) كما يلى :

الطيور
الزواحف ـــ البرمائيات ـــ الأسماك العظيمة
الأسماك الغضروفية
الثدييات
مدرعات الجلد
اللافكيات
الفقاريات عديمة الفكوك

ويطلق على الجلكيات الحية والجريثات اسم « دائرية الفم » ( شكل ١٦ ، ١٧ ) وهى تمثل مجموعة دنيا هى طائفة اللافكيات أو الفقاريات عديمة الفكوك واشهرها جلكى البحر ( البتروميزون ) . وهى سمكة تشبه فى مظهرها ثعبان السمك الا انها أكثر بدائية فى تركيبها من ثعابين السمك الحقيقيــة ( اسماك عظمية راقية التكوين ) . والجلكى لين الجسم عــديم القشور ، ورغم أن له هيكلا غضروفيا ضعيفا فانه خال تماما من العظم .



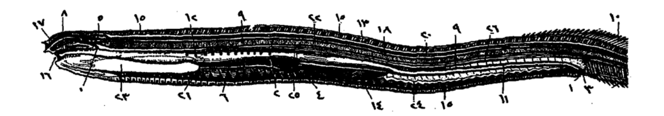

شكل ١٦ ــ ثلاثة أنواع من دائريات الفم ( أ ) الجرثى اللزج « بدللوستوما » ( ب ) جرثى الميجزين ( جـ ) الجلكى أو البتروميزون ( عن دين ) .

ولا توجد آثار للزعانف الزوجية ؛ واكثر الصفات تخصصا أن الفكوك غائبة كلية . وبالرغم من ذلك فان الجلكى اليافع مفترس ؛ اذ يكون فنجان الفم المستدير قرصا لاصقا يتصل بواسطته الحيوان بالأنواع الراقية التى يفترسها من الأسماك ، كما يوجد بداخل الفم تركيب لسانى الشكل خشن يعتبر بديلا فعالا للفكوك الغائبة . وتوجد فتحة انف خارجية مفردة تفتح فى اعلى قمة الراس ويتحد بها جيب الجسم السفلى (راجع الفصل١٥). وليست المرات الخيشومية على هيئة فتحات كما فى الأسماك النموذجية ولـكنها عبارة عن جيوب كروية تتصل بالقناة الهضمية وسطح الجسم بواسـطة انابيب ضيقة . وفى الصفات التركيبية المختلفة ــ الأقل وضوحا والمذكورة فى الفصول القادمة ــ تكون الجلكيات كذلك مجموعة من الصفات التى تختلف فيها عن الأسماك النموذجية ، وهى صفات يبدو بعضها بدائيا وبعضهـا منحرفا او شاذا .

ان الجرثيات المفرطة اللزوجة ، تشبه الجلكى فى أنها بحرية ، الا أنها تختلف عنه فى عدد من النقاط . فاللسان الخشن موجود ، الا أن الفم محاط بلوامس قصيرة بدلا من الممص . والجرثيات أسماك رمامة أكثر منها مفترسة ، تحفر فى لحم الأسماك الميتة . وتقع فتحة الانف الخارجية على طرف البوز بدلا من قمة الرأس ، كما أن الجيوب الخيشومية فى بعض الجرثيات لاتفتح مباشرة على السطح ، بل تتصل بفتحة خارجيـة مشتركـة على كل من الجانبين .

ويوضع بيض الجرثيات فى البحر وتتكون الصغار مباشرة هناك ، غير أن الجلكى على النقيض من ذلك ، له طور واضح يعيش فى المياه العذبة . وفى كل ربيع تسبح الجلكيات الى أعلى الأنهار لوضع البيض حيث تقضى الصغار المتكونة بضع سنوات من حياتها كيرقات صغيرة ( الأموسيتيس ) توجد مدفونة تقريبا فى طين الجداول الصغيرة والأنهار ، وليست هـذه اليرقات مفترسة على الاطلاق ، حيث لا يوجد لسان خشن أو ممص فمى ، وبدلا من ذلك فانها مصفانية التغذية حيث تقوم بتصفية جزئيات الطعام كما يفعل السهيم . ويدخل تيار مائى الى الفم بفعل الأهـداب ثم يمر خـلال بلعوم ، يمكن مقارنة تركيبه بالفم الداخلى فى السهيم ، ومن ثم يطفو على الفتحات الخيشومية . وفى نهاية المرحلة اليرقية يحدث تغيير مفاجىء وملحوظ فى التركيب هو « التحـور » ينزل بعدهـا الجلكى الصغير ، بكل صفـات الحيوان اليافع كاملة التكوين ، الى البحر . الا أنه من الممكن للجلكى كحيوان يافع أن يبقى فى المياه العذبة ، وقد نجح جلكى البحر فى غـزو البحـيرات الأمريكية الكبيرة ، كما أن بعض أنواع المياه العـذبة الصغـيرة من الجلكى لا يمكنها أن تعيش حياة مفترسة ، ولكنها تتكاثر وتموت بعد التحور بفترة قصيرة فى الانهار التى نشأت فيها .

من المتفق عليه عامة أن عدم وجود الفكوك ، وربما الزعانف ، يعتبر صفة بدائية لدائريات الفم ، غير أن هناك شكا فى أن الصفات الأخرى بدائية أيضا . وهناك من الأسباب ما يكفى لاعتبار عدم وجود هيكل عظمى صفة متداعية ، فطبيعة الافتراس أو الترمم من الصعب انها كانت موجودة فى الأسلاف الفقارية ( اقل ما يمكن أن يقال أن تبادل أكل لحوم البشر غيرمفيد) وخشبونة اللسان من خصائص دائريات الفم . وتمثل دائريات الفم مستوى بدائياً لتكوين الفقاريات ، الا أنها ليست فيما بينها أسلاف فقارية .

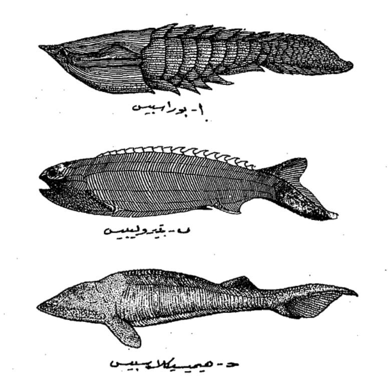


شكل ١٧ ــ مقطع طولى فى الجرثى اللزج « بدللوستوما »

١ = الشرج ، ٢ = الأرطى ، ٣ = ثقب بطنى ، ٤ = اذين القلب، ٥ = دماغ أو مخ ، ٦ = جيب خيشومى ، ٧ = قناة من الحفرة الشمية الى الحلق ، ٨ = تراكيب قرمية تشبه الانسان ، ٩ = الاورطى الظهرى ، ١٠ = اشعة الزعنفة الظهرية ، ١١ = الأمعاء ، ١٢ = الفتحات الداخلية للخياشيم ، ١٣ = حاجز بين الصفائح العضلية ، ١٤ = الكبد ، ١٥ = قطع عضلية ، ١٦ = فم ، ١٧ = كيس الانف الخارجية ، ١٨ = غلاف الحبل الشوكى ، ١٩ = الحبل الظهرى ، ٢٠ = الانبوبة العصبية ( الحبل الشوكى ) ، ٢١ = البلعوم ، ٢٢ = غلاف الحبل الظهرى ، ٢٣ = لسان قابل للخروج ، ٢٤ = أعضاء بولية تناسلية ، ٢٥ = بطين القلب ، ٢٦ = الوريد الرئيسى الخلفى

( عن دين )

واذا نظرنا الى سجل الحفريات نجد ان اقدم واكثر الحفريات الفقارية بدائية ، الموجودة فى رواسب العصر الأوردوفيسى والسيلورى ، واكثرها من المياه العذبة وتعيش فى العصر الديفونى ، كانت مخلوقات تشبه الأسماك تعرف بمصفحات الجلد ( شكلى ١٨ ، ١٩ ) . ويوجد تشابه سطحى قليل بينها وبين دائريات الفم ، غير ان الدراسة قد اثبتت ان مصفحات الجلد كانت امثلة قديمة عديمة الفكوك لطائفة اللافكيات . وفى غالبية مصفحات الجلد كما فى دائريات الفم توجد فتحة انف خارجية واحدة تقع فى اعلى قمة الراس. وينقص كثير من مصفحات الجلد ( كدائريات الفم ) الأطراف الزوجية بالرغم من وجود أشواك زوجية او زوائد جلدية غريبة ، فى بعضها ، تبرز من الجسم خلف الراس .



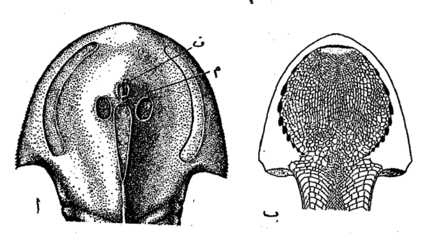

شكل ١٨ ــ حفريات مصفحة الجلد . أ ــ بوراسبيس : يمثـــل مجموعة ( الهتروستراس ) التى كانت فتحات الأنف الخارجية فيها زوجية وبطنيـــة الموضع . وتفتح الخياشيم بفتحة مشتركة خلف الصفائح الدرعية الرئيسية على كل جانب .

ب ــ بتيروليبيسى : وهو أحد أفراد مجموعة ( الأناسبيدا ) التى تسبح بنشاط والذيل متآكل من الجهة السفلى على عكس ما هو موجود فى القرش. والفتحات الخيشومية على شكل دوائر على الجسم ، وتوجد أشواك صغيرة عند مكان نمو الزعانف الزوجية الصدرية والحوضية فى الأسماك الراقية . وتقع فتحات الأنف الخارجية على السطح الظهرى بين العينان .

جـ ــ هيميسيكلاسبيس : وهو أحد افراد مجموعة السيفالاسبيس ( رتبة الأوستيوستراسى ) . وفيه يوجد الراس ومنطقة الخياشيم الى أعلى داخل درع عظمى صلب . كما أن فتحة الأنف الخارجيـــة تقع ظهـــريا بين الحجاجين وتفتح الخياشيم فى الناحية البطنية اسفل الراس العريض (راجع شكل ١٩ ، ب ، ٢٣٢ ، ) وتشاهد تراكيب زعنفية الشكل فى مكان الزعانف الزوجية الصدرية .

( أ ، حـ عن هاينتز ، ب عن كير )

ولقد كانت مصفحات الجلد ، فى غياب الفكوك او التراكيب القارضة او المسننة الاخرى ، غير مفترسة . كما نجد انه كان فى معظمها منطقة راسية كبيرة الامتداد ، كان يشغل معظمها غرف خيشومية واسعة ( شكل ٢٣٢ ) ويبدو واضحا ان هذه الفقاريات القديمة ، مثل اسلافها من الحبليات ومثل يرقات الجلكى الموجودة فى الوقت الحاضر ، امكنها ان تعيش بتصفية المواد الغذائية خلال اجهزتها الخيشومية . والكثير منها ، رغم قدرته على الحركة بديل سمكى ، كان مفلطحا ، ولا بد انها كانت حيوانات خاملة الى حد ما .




شكل ١٩ ـ أـ منظر ظهرى، بـ منظر بطنى لمنطقة الراس فى احد الحفريات مصفحة الجلد من نوع السيفالاسبيس ( راجع شكل ١٥ ، حـ ) . وتشاهد فى الناحية الظهرية فتحات للاعين الزوجية والعين الوسطية ( م ) وفتحة وسطية ( ف ) للانف الخارجية وكيس الجسم السفلى . وفى الناحية البطنية يغطى الحلق بفسيفساء من صفائح صغيرة تغطى مجموعة ممتدة من الجيوب الخيشومية ( شكل ٢٣٢ ) اما الفتحات الدائرية على كل جانب فهى فتحات الخياشيم اما الفم فهو فتحة امامية صغيرة . ( عن ستنسنيو ) .

ويوجد التناقض بينها وبين دائريات الفم الحديثة فى الهيكل . فقد كانت جميع مصفحات الجلد مغطاة بدرع عظمى جيد، كماكان لبعضها هيكل عظمى داخلى كذلك . وقد كان من المعتقد سابقا ان الفقاريات البدائية كانت ( كدائريات الفم الحية واسماك القرش ) نماذج غير عظمية لها هيكل غضروفى فقط . وربما كان هذا صحيحا بالنسبة للاسلاف الأقدم من الخبليات ومصفحات الجلد غير اليافعة. غير أن تغلب التعظم فى اقدم الحفريات الفقارية المعروفة ، والدليل على ا تص بدلا من الزيادة فى التعظم فى التاريخ المتاخر

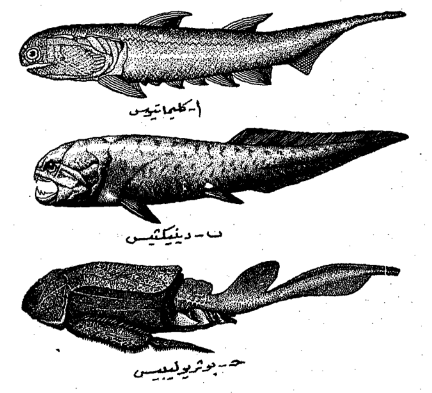
لكثير من مجموعات الأسماك ، يدل على أن الأسلاف الفقارية كانت مدرعة في شكلها اليافع وأن غياب العظم فى الفقاريات الدنيا الحية صفة متداعية أكثر منها بدائية . أما بخصوص الأسباب لهذا التكوين المبكر للعظم فلسنا متأكدين منها . واحد هذه المقترحات يعتمد على حقيقة أننا نجد مع أقدم الفقاريات ، فى رواسب الأنهار الموجودة فيها ، بقايا ايوريبتريدات ـ عقارب مائية قديمة وقشريات غير معروفة تماما تسمى سيراتيو كاريدا . وكان كل من هذين النوعين من المفصليات نهما وكان فى المعدل ، اكبر نسبيا من مصفحات الجلد الصغيرة التى عاشت بينها . وربما كانت الفقاريات فى مراحلها المبكرة محتواة ضمن عالم المياه العذبة ، وان الدرع العظمى كانت وسيلة دفاعية ضد أعدائها من اللافقاريات . وعندما أصبحت الفقاريات مؤخرا اكبر وأسرع وأصبحت نفسها مفترسة ، اختفت الايوريبتريدات من سجل الحفريات ، كما انكمشت السيراتيوكاريدا الى حد لا مغزى له .

## مدرعات الجلد

لقد وصلت مصفحات الجلد الى قمة تكوينها فى العصر السيلورى . وفى نهاية هذا العصر ظهرت بعض الأنواع المتقدمة نوعا من الأسماك التى برزت الى حد كبير فى العصر الديفونى التالى ، غير انها اندثرت قبل نهاية الحقبة القديمة من الحياة . وقد كان معظمها غريب الأشكال لا يشبه أيا من الأسماك الموجودة فى الوقت الحاضر وانه لبعيد عن الحقيقة أنها كونت مجموعة طبيعية حقيقية ولكنها تعتبر بصفة عامة طائفة خاصة من الفقاريات هى مدرعة الجلد التى يشير اسمها الى حقيقة أن معظمها، كمصفحات الجلد، مغطى بدرجات متفاوتة بصفائح درعية .

ولكل مدرعات الجلد فكوك ، وتمثل هذه الصفة تقدما كبيرا عن مصفحات الجلد ، وهى صفة فتحت أبوابا كثير للحياة أمام الأسماك ومكنتها من ان تصبح أكثر نشاطا وأكثر انتشارا . ويطلق المصطلح فك فميات أو « فكيات الفم » عادة على مدرعات الجلد وجميع الفقاريات الراقية لتمييزها عن اللافكيات . غير أن الفكوك فى مدرعات الجلد كثيرا ما تكون من أنواع غريبة وتبدو غالبا مبنية على طريقة بدائية أو شاذة ـ حيث كانت الطبيعة لا تزال فى تجربة مع هذه التراكيب . كما أن الزعانف الزوجية بدت فى طريق التكوين لتتمشى مع الحرية التى اكتسبتها الأسماك ، غير أن هذه التراكيب أيضا متفاوتة وكثيرا ما تكون مصممة بطريقة شاذة ( من وجهة النظر الحديثة) لقد كانت مدرعات الجلد المبكرة تعيش فى المياه العذبة كمصفحات الجلد من قبلها الا ان الكثير منها غزا البحار فى اثناء العصر الديفونى .

واكثر مدرعات الجلد ذات المظهر العادى هى الأكانثوديا ( شكل ٢٠ ، أ ) ويطلق عليها عادة اسم « أسماك القرش الشوكية » . والنسب العامة للجسم فيها تشبه القرش ، الا ان الأكانثوديا تختلف كثيرا عن شكل القرش فى الصفات الأخرى ، وعلى الأخص حقيقة انها مغطاة تماما بقشور عظمية حسنة التكوين يمكن مقارنتها بالقشور الموجودة فى بعض الأسماك العظمية الراقية، وتتكون الزعانف أساسا من أشواك ذات أحجام كبيرة أحيانا ، ويبدو خلفها غشاء صغير من الجلد . ولقد كانت الأرثروديرا أكثر شيوعا فى معظم العصر الديفونى وهى أسماك متمفصلة العنق ( شكل ٢٠ ، ب ) ، وفى هذه المجموعة نجد أن منطقة الرأس والخياشيم مغطاة بدرع عظمية كبيرة ، كما يغلف معظم الجسم بحلقة من الدروع ، وتتصل المجموعتان الدرعيتان بعضهما ببعض




شكل ٢٠ — حفريات لمدرعات الجلد من العصر الديفونى . أ — اكانثودى ( قرش ذو أشواك ) له أشواك زعنفية كبيرة وزعانف اضافيـــة بين ازواج الزعانف الصدرية والحوضية .

ب — أرثرودير ضخم له رأس وصفائح درعية صدرية وجسم عار .

ج — انتآركى له مجاديف عظمية غريبة فى مكان الزعانف الصدرية .

( أ — قاعدة مأخوذة من واتسون ، ب — عن هاينتز ، ح — عن باتن )

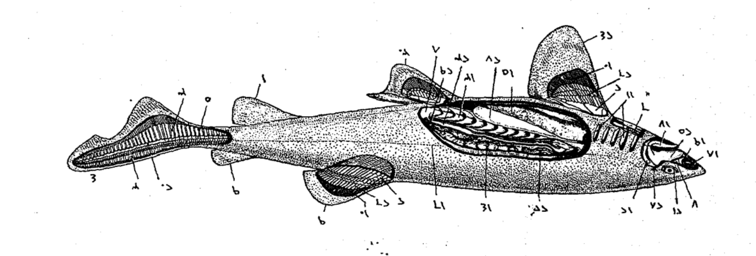
بزوج من المفاصل المتحركة ( ومن هنا جاءت التسمية ) . وهناك أيضاصفائح عظمية غريبة تساعد الفكوك والأسنان فى تأدية وظيفتها . وقد كان الجـزء الخلفى من الجسم عاريا فى الأرثروديرا النموذجية ، وكانت فى بعض النماذج زعانف زوجية حقيقية ، غير أن كل ما نجده فى أكثر الأرثروديرا بدائية هو زوج من الأشواك الكبيرة الجوفاء المثبتة يبرز الى الخارج من منطقة الكتف، وهى نوع من التراكيب الدعامية أو الحافظة للتوازن . وترتبط انتاركيـا العصر الديفونى ( شكل ٢٠ ، جـ ) بالأرثروديرا ، وهى عبارة عن حيوانات صغيرة غريبة الأشكال لها مجموعتان من الدروع مثل الأرثروديرا غـير أن رؤوسها صغيرة ، والصفائح الفكية دقيقة قارضة ، أما بالنسبة للأطراف فيبرز من الجسم زوج من الزعانف المتمفصلة مثل الأجنحة العظمية . وهناك كذلك مدرعات جلد أخرى ( الا أنها غير معروفة تماما ) لها دروع مختزلة ، وزعانفها مكونة تكوينا عاديا ، وهى تمثل فى الغالب حلقة انتقال بين أسلاف مدرعة وأنواع قرشية .

ولقد كان من الواضح أن غالبية مدرعات الجلد تحيد كثيرا عن الخطوط الرئيسية لتطور الفقاريات والقليل ، ان وجد ، من الأنواع المعروفة يمكن اعتباره أسلافا حقيقية للفقاريات المتأخرة . غير أنها ، كمجموعة ، يبـدو أنها تمثل خطوة طبيعية أولى فى تكوين الفقاريات الفكية . ومعظم هــذه الهياكل التجريبية لم يكن ، على المدى الطويل ، ناجحا ، والبعض الآخر ، غير معروف تماما أو لا يزال غير معروف على الاطلاق ، نشأت منه الطائفتين، الأكثر تقدما ، من الأسماك .

## الأسماك شبيهة القرش

تعتبر أسماك القرش الحديثة الأمثلة النموذجية لمجموعة كبيرة موجودة من الأسماك البحرية التى تحمل فكوكا هى الأسماك الغضروفية . ويرجع اسم الأسماك الغضروفية الى حقيقة أن العظم غير معروف اطلاقا فى أى فرد من المجموعة . ويبدو من المحتمل أن غياب العظم من أسماك القرش يعزى الى عملية اختزال ، حيث أن النتوءات التى تشبه الأسنان والموجودة فى جلد أسماك القرش ، والأشواك الموجودة فى بعض الأحيان على الزعانف ما هى الا بقايا أخيرة من الدرع التى غلفت فى وقت ما أسلافها من مدرعات الجلد.

وأسماك القرش مفترسة بطبيعتها ، وباستثناء البعض منها فهى كلها بحرية . وفيما عدا تداعى الهيكل فان أسماك القرش تبدو بوجه عام أسماك

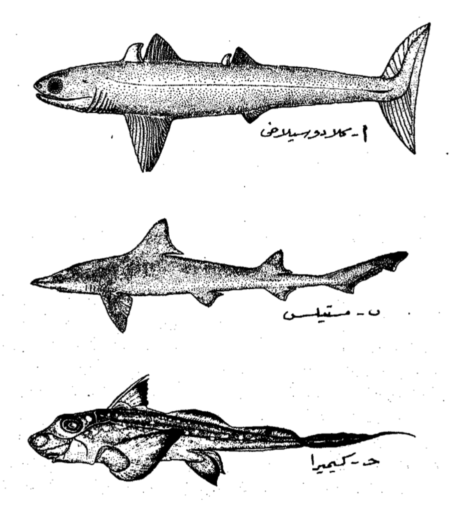


شكل ٢١ ــ تشريح تخطيطي لأنثى القرش . « ١ = الزعنفة الشرجية ، ٢ = العناصر القاعدية للزعنفة ، ٣ = العناصر القاعدية والشعاعية ، الفصان العلوى والسفلى للزعنفة الذيلية ، ٤ = الزعنفة الذيلية ، ٥ = جسم فقرات، ٦ = المخروط الشريانى ، ٧ = قرينوم غضروق ، ٨ = المجمع ، ٩ = الزعنفة الظهرية ، ١٠ = الأشعة الجلدية للزعنفة ، ١١ = فتحات خيشومية ، ١٢ = الفكى اللامى ١٣ = الأمعاء بالصمام الحلزونى ، ١٤ = الكلية ، ١٥ = الكبد ، ١٦ = الخط الجانبى ، ١٧ = الفك ، ١٨ = الفتحة الأمامية والخلفية للجيب الأنفى ، ١٩ = الحبل الظهرى ، ٢٠ = الغشاء الرامش للعين ، ٢١ = المبيض ، ٢٢ = قناة المبيض ، ٢٣ = الزعنفة الصدرية ، ٢٤ = غضروف الفك العلوى ، ٢٥ = عناصر الأشعة الزعنفية ، ٢٦ = المعدة ، ٢٧ = المتنفس ، ٢٨ = القناة البولية ، ٢٩ = الزعنفة الحوضية ( البطنية ) .

( عن دين )

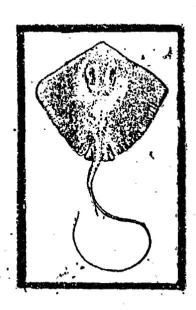
حقيقية من نوع بدائى . أما خصائص دائريات الفم والتراكيب التجريبيــة الغريبة الموجودة فى الأرثروديرا الغريبة الأشكال فهى غائبة. وفتحات الأنف الخارجية مزدوجة وتقع بالقرب من طرف البوز .

وتوجد فكوك حسنة التكوين ، غير أنه فى غياب العظم لا توجد جمجمة متكونة ، كما أن الفكين العلويين ليس لهما أى اتصال بالعلبة المخية . وتحيط الخياشيم بممرات تشبه الفتحات ، عددها ، فى الحالات النموذجية ، خمس، وهى تفتح منفصلة على السطح الخارجى ، كما توجد بوجه عام فتحة أمامية صغيرة اضافية ( للتنفس ) . وتوجد زعانف زوجية حسنة التكوين وزعنفة




شكل ٢٢ ــ الأسماك الغضروفية الفكية. ا ــ قرش بدائى من العصر الديفونى، ب ــ نوع حديث من القرش ، جـ ــ كيميرا .
( ا ــ عن دين وهاريس ، ب ــ عن جارمان ، جـ ــ عن دين ) .

ذيلية قوية ينحني طرف الجسم فى نصفها العلوى . ومن صفات أسماك القرش ، واقاربها ، غير البدائية غالبا أنها تنتج بيضا كبير الحجم يحتوى على كميات كبيرة من المخ . ويغلف هذا البيض فى افراد كثيرة من المجموعة بقشرة قرنية قبل وضعه ، وفى مقابل ذلك فان البيض يجب اخصابه قبل خروجه من جسم الأم ، كما ان ذكور القرش قد تكونت لها مساكات تبرز



شكل ٢٣ ــ قوبع داسيباتس . الزعانف الصدرية عظمية الاتساع ، الذيل مختزل الى كرباج قابل للثنى . المتنفس موجود خلف العين مباشرة . ( عن جارمان ) .

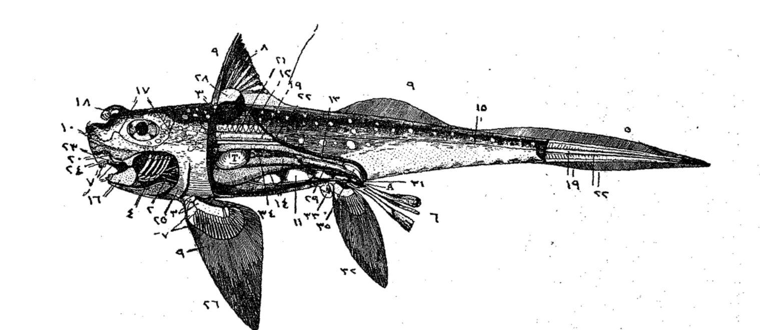
من الزعانف الحوضية لتساعد على ادخال الحيوانات المنوية . ويسمح الاخصاب الداخلى بامكان تكوين الصغار داخل جسم الأم . وفى مختلف أسماك القرش والشفانين يبقى البيض المخصب فى القناة التناسلية للام وينمو هناك حيث تولد الصغار احياء . ( كذلك فقد تكونت نفس الطريقة فى كثير من الزواحف وكل الثدييات تقريبا ) . وقد ظهرت اسماك القرش أول ما ظهرت فى الفترة الأخيرة من العصر الديفونى وليست كلادوسلاخيات هذه الفترة ( شكل ٢٢ ، أ ) سوى نموذج يمكن أن يكون على وجه التقريب سلفا لكثير ( ان لم يكن لكل ) الأسماك الغضروفية المتاخرة . ولقد كانت هناك نماذج مختلفة من القرش فى بحار اواخر الحقبة القديمة من الحياة ، وبالقرب من نهاية حقبة الحياة الوسطى نجد انواعا من القرش تشبه الموجودة فى المحيطات الحديثة ( شكلى ٢١ ، ٢٢ ، ب ) وفى الحقبة الوسطى كذلك ظهرت القوابع والشفانين ( شكل ٢٣ ) ، وهى نماذج مشتقة من القرش ، فهى

مفرمة بوجبة من الرخويات وتعيش فى القاع وهى طبيعة ارتبط بها الشكل المفلطح للجسم فى هذه الأسماك غير الجذابة . وفى الشفانين النموذجية نجد أن الذيل والزعانف الحوضية مختزلة كثيرا ، فى حين ان الزعانف الصدرية عظيمة الاتساع وتمتد الى الأمام فوق الفتحات الخيشومية ، وقد تلتقى أمام الرأس ، وتتحرك هذه الأسماك بالحركة التموجية لهذه الأطراف العريضة. وحيث أن الفم قد يدفن فى طين او رمل قاع البحر فى الوضع الساكن للحيوان فان المتنفس ( الصغير أو الغائب فى القرش ) يكون هنا فتحة كبيرة خلف العين يدخل من خلالها الماء الى البلعوم .

ومن المجموعات الواضحة بين الأسماك الغضروفية مجموعة الكيميرات، أو أسماك الفأر ، أو الأسماك كاملة الرأس ( شكلى ٢٢ ، جـ ، ٢٤ ص ٦٤)، وهى نماذج من المحيط نادرة نسبيا . ان هذه الأسماك ، مثل القوابع ، أساسا آكلة رخويات ، ولكن الجسم غير مضغوط كثيرا ، وتتضمن خصائصها ، بين الصفات الأخرى ، تكوين صفائح سنية ضخمة وفكوك عليا تلتحم بصلابة ( على النقيض من تلك الخاصة بالقرش ) مع العلبة المخية . ويغطى منطقة الخياشيم ثنية أو زائدة من الجلد ( كما تفعل مجموعة من الصفائح العظمية فى مدرعات الجلد والأسماك العظمية الراقية ) . والمفروض أن الكيميرات قد اشتقت من أسماك القرش المبكرة ، غير أن سجل الحفريات ليس كاملا .

## الأسماك العظمية

تتضمن طائفة الأسماك العظمية الغالبية العظمى من الأسماك . وكما يتضح من الاسم فهى نماذج بقى فيها الهيكل العظمى وادخلت عليه بعض التحسينات . ويوجد نظام مميز ، مع اختلافات ، فى اغلب أفراد المجموعة، فى عظام الجمجمة والفكوك واغطية الخياشيم وفى مجموعة القشور العظمية التى تغطى الجسم . ولقد كان من المعتقد فى وقت من الأوقات أن هذه الأسماك منحدرة من نماذج تشبه القرش ، وان العظم فيها اضافة جديدة . غير انه يبدو الآن أكثر احتمالا ان الهيكل العظمى هنا امتداد وتحسين لما كان موجودا فى مصفحات الجلد ومدرعات الجلد .



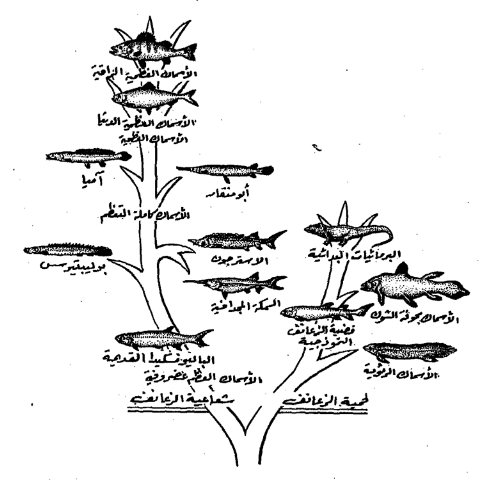
شكل ٢٤ — تشريح تخطيطي للذكر كيميرى . ١ = الشرج ، ٢ = المخروط الشرياني ، ٣ = العنصر القاعدى للزعنفة ، ٤ = الأقواس الخيشومية ٥ = الزعنفة الذيلية ، ٦ = مسلكات ، ٧ = صفائح سفية ، ٨ = الأشعة الجلدية للزعنفة ، ٩ = الزعانف الظهرية ، ١٠ = صفائح جلدية صغيرة لقناة الخط الجانبي ، ١١ = الأمعاء بالصمام الحلزوني ، ١٢ = الغضاريف الداخلية للعمود الفقرى ، ١٣ = الكلية ، ١٤ = الكبد ، ١٥ = ميزاب الخط الجانبي ، ١٦ = غضروف الفك السفلى ، ١٧ = قنوات الخطوط الجانبية للرأس ( قنوات مخاطة ) الخيشومية ، ١٨ = الزعنفة الذيلية ، ١٩ = مساكات ، ٢٠ = صفائح سنية ، ٢١ = الأشعة الجلدية للزعنفة ، ٢٢ = الزعانف الظهرية ، ٢٣ = صفائح جلدية صغيرة لقناة الخط الجانبي ، ٢٤ = الأمعاء بالصمام الحلزوني ، ٢٥ = الغضاريف الداخلية للعمود الفقرى ، ٢٦ = الكلية ، ٢٧ = الكبد ، قنوات الخطوط الجانبية للرأس ( قنوات مخاطية ) ، ٢٨ = الشوكة الجبهية ٢٩ = ميزاب الخط الجانبي ، ٣٠ = غضروف الفك السفلى ، ٣١ = الميزة للذكر ، ٣٢ = الحبل الظهرى ، ٣٣ = الجيب الانفى ، ٣٤ = القوس العصبية ، ٣٥ = غلاف الحبل الظهرى ، ٣٦ = ميازيب تؤدى الى ومن التجويف الانفى ، مغطاة بثنية من الجلد ، ٣٧ = غطاء الخياشيم ، ٣٨ = العناصر الشعاعية الملتحمة للزعنفة الظهرية الامامية ، ٣٩ = كيس المنى ، ٤٠ = خصية ، ٤١ = الفتحة البولية التناسلية ، ٤٢ = الزعنفة الحوضية ( البطنية ) ، ٤٣ = المسلكات الاضافية الامامية ٤٤ = البربخ ٤٥ = الحوصلة المنوية .

( عن دين )

وتوجد الأسماك العظمية الأولى فى أحجار العصر الديفونى المبكر . وعلى ذلك فهذه الطائفة اقدم بكثير من أسماك القرش . وفى منتصف العصر الديفونى كانت الأسماك العظمية هى النماذج السائدة فى المياه العذبة ، اذ كانت موجودة بأكثر تنوعا ووفرة فى العصور القديمة المتأخرة . وفى حقبة الحياة الوسطى غزت البحار كذلك واصبحت مياه البحر مرتعا للطائفة . ويبدو أن الرئتين كانتا موجودتين فى كل الأسماك العظمية البدائية بالرغم من ان هذه التراكيب فى الوقت الحاضر قد اختفت عادة أو تحولت الى عضو هيدروستاتيكى هو المثانة الهوائية . والمفروض أن الرئتين كانتا تساعدان فى المعيشة تحت ظروف الجفاف الموسمية ، حيث كانت مثل هذه الظروف موجودة فى المياه العذبة التى عاشت فيها الأسماك العظمية السالفة . ومؤخرا مع التغيرات المناخية وعلى الأخص مع تحرك اغلب انواع الأسماك العظمية الموجودة الى البحر فقدت الرئة اهميتها .

ويعتبر تاريخ نشوء الأسماك العظمية معقدا الا انه يجب استعادته لكى نحفظ فى الذهن وضع كثير من الأنواع المثيرة للاهتمام وذات الأهمية التشريحية ( شكل ٢٥ ) . وقد قسمت الأسماك العظمية فى مستهل تاريخها المعروف الى مجموعتين كبيرتين أطلق عليهما طويئفتى لحمية الزعانف وشعاعية الزعانف .

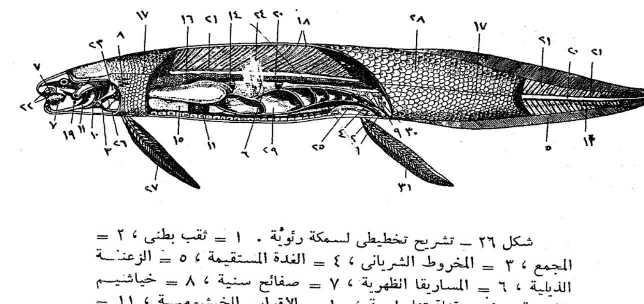
**لحمية الزعانف :** تعتبر لحمية الزعانف ، من وجهة نظر انحدار الحيوانات البرية ، هى أهم الاثنين حيث انها تشمل رتبة الأسماك فصية الزعانف التى يبدو أن الفقاريات البرية قد انحدرت منها ورتبة الأسماك الرئوية وهى الأقارب الحية لأسلاف أسماكنا . وتحتوى بعض لحميات الزعانف ( على النقيض من الطويئفة الأخرى ) على فتحات أنف داخلية كما هى الحال فى كل الفقاريات البحرية . ( وبسبب وجود هذه التراكيب فقد سميت هذه الأسماك احيانا بالاسماك القمعية ) . وعلى النقيض الواضح من الأسماك شعاعية الزعانف توجد زعانف زوجية لحمية الفصوص ( وهى صفة ترجع اليها تسمية هذه المجموعة ) وكصفة علمية ، قشور كانت فى النماذج المبكرة ذات تركيب واضح عن تلك الموجودة فى شعاعية الزعانف . ( القشور الكوزمية ، راجع الفصل ٧ ) .



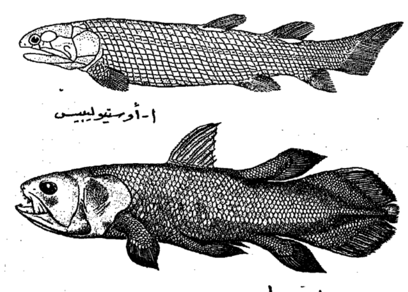

شكل ٢٥ ــ شجرة العائلة مبسطة للأسماك العظمية لتبين علاقتها ببعضها وبالبرمائيات .

**الأسماك فصية الزعانف :** كانت أكثر الأسماك العظمية شيوعا فى العصر الديفونى هى فصية الزعانف ( شكل ٢٧ ، أ ) وهى اسماك عدوانية مفترسة لها صفات تركيبية هامة من نوع يتوقع وجوده فى أسلاف البرمائيات . غير انها اصبحت نادرة الوجود فى العصر الكربونى واندثرت فصية الزعانف النموذجية مع نهاية الحقبة القديمة .

الا أنه فى نفس الوقت تكون فرع جانبى عجيب من الأسماك تسمى مجوفة الشوك ( شكل ٢٧ ، ب ) وكانت هذه نماذج لها «بوز» غليظ وعريض، وفكوك واسنان ضعيفة هاجرت الى بحار الحقبة الوسطى للحياة . وتوجد آخر الحفريات مجوفة الشوك فى صخور العصر الكرتياسى ، ولقد كان



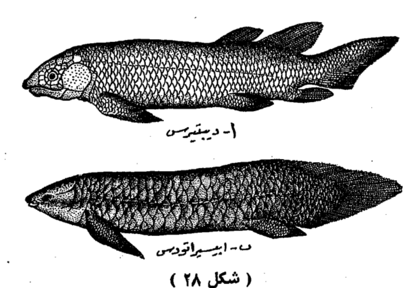
شكل ٢٦ – تشريح تخطيطي لسمكة رئوية . ١ = ثقب بطني ، ٢ = المجمع ، ٣ = المخروط الشرياني ، ٤ = الغدة المستقيمة ، ٥ = الزعنفة الذيلية ، ٦ = المساريقا الظهرية ، ٧ = صفائح سنية ، ٨ = خياشيم خارجية ، ٩ = قناة تناسلية ، ١٠ = الأقواس الخيشومية ، ١١ = الحوصلة الصفراوية ، ١٢ = لامية قرنية ، ١٣ = أشواك دموية ، ١٤ = لكلية ، ١٥ = الكبد ، ١٦ = الرئة ، ١٧ = الخط الجانبي ، ١٨ = قطع عضلية ، ١٩ = الفك السفلي ، ٢٠ = الحبل الظهري ، ٢١ = الشوكة العصبية ، ٢٢ = الفتحة الخارجية والداخلية للأنف ، ٢٣ = غطاء الخياشيم ، ٢٤ = المبيض ٢٥ = الحزام الحوضي ، ٢٦ = غشاء التامور ، ٢٧ = الزعنفة الصدرية ، ٢٨ = قشور ، ٢٩ = الصمام الحلزوني للأمعاء ، ٣٠ = القناة البولية ، ٣١ = الزعنفة الحوضية ( البطنية ) . ( عن دين )




شكل ٢٧ ـ الأسماك فصية الزعانف . ا ـ نموذج مثالى من العصر الديفونى ، ب ـ النموذج الحى الوحيد من مجوفة الشوك . (ا ـ عن تراكوير ، ب ـ عن ميللوث ) .

المعروف منذ زمن بعيد أن أقارب أسماكنا فصية الزعانف كانت مندثرة منذ وقت الديناصورات . غير انه فى عام ١٩٣٩ ، من دواعى الدهشـــة للعلم ، ثبت أن احدى الأسماك التى صيدت من ساحل جنوب افريقيا من مجوفة الشوك ، ولسوء الحظ كانت هذه العينة غير محفوظة بكاملها ، الا أنه أمكن الحصول حديثا على عينات أخرى أفضل من المياه العميقة فى جزر كوموزو فى المحيط الهندى ، ويقوم بدراسة تركيبها بالتفصيل علماء فرنســـيون ، ولأية معلومات عن تركيب هذه السمكة اهمية كبيرة ما دام لدينا هنا اقرب الاقارب الحية من الأسماك لرباعيات القدم . غير انه يجب أن يكون فى ذهننا أن مجوفة الشوك قد تغيرت تغيرا ملحوظا فى بيئتها فى اثناء تاريخها الطويل . وعلى ذلك فانه من المحتمل أن كثيرا من تركيبها قد أصبح متخصصا ليتمشى مع تغيير بيئتها أكثر منه للابقاء على حالات الأسلاف الحقيقية .

**الأسماك الرئوية** : تمثل الأسماك الرئوية ( شكلى ٢٦ ، ٢٨ ) فى وقتنا الحاضر بثلاثة أجناس تعيش فى المناطق الاستوائية : احدها فى أستراليا ، والآخر فى أفريقيا ، والثالث فى أمريكا الجنوبية ، وتشبه الأسماك الرئوية




**( شكل ٢٨ )**

أسماك رئوية . أ ــ أقدم انواع حفريات العصر الديفونى ، ب ــ ــ الببسيراتودس من استراليا . لقد تغير الزعانف الوسطية اثناء تاريخ المجموعة .

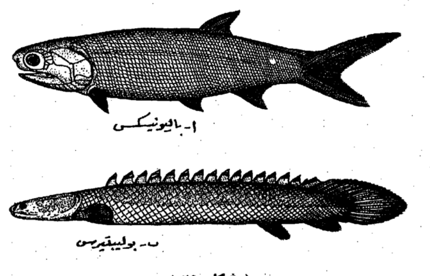
( أ ــ عن تراكوير ، ب ــ عن دين )

تماما ، فى كثير من الصفات التشريحية وفى طريقة تكوينها ، البرمائيات ، وقد ظن الكثير فى وقت من الأوقات انها أسلاف حقيقية للبرمائيات . ولكنه من المعقول اكثر الآن أن نعتقد أن هذه الصفات كانت موجودة كذلك فى أقاربها فصيات الزعانف الأسلاف،وان الأسماك الرئوية تعتبر أعماما اكثر منها أجدادا للفقاريات البرية . وتركيب الجمجمة فى الأسماك الرئوية الحية والحفرية من نوع عجيب ، وواضح انه لا يشبه جمجمة الأسلاف الحقيقية للبرمائيات وان التعظم مختزل فى الهيكل كله . ويرتبط بغذائها من اللافقاريات والمواد النباتية وجود صفائح سنية مروحية الشكل متخصصة فى كل الأسماك الرئوية . ومما هو جدير بالاهتمام ان الأسماك الرئوية قد عاشت وازدهرت فقط فى المناطق التى تجد فيها فى الوقت الحاضر حالات من الجفاف الموسمى تشبه ما نعتقد انه كان موجودا فى العصر الديفونى . ويمكن للنموذج الاسترالى أن يعيش فى المياه الراكدة بتنفس الهواء ، فى حين يستطيع النموذجان الآخران أن يتحملا حتى الجفاف الكامل للماء بعمل جحور فى الطين يدفنان انفسهما فيها حتى موسم الأمطار وتوافر المياه . وتعتمد الأسماك الرئوية الافريقية على الهواء لدرجة انها تغرق وتموت اذا هى بقيت تحت الماء .

**شعاعية الزعانف :** تعتبر فصيات الزعانف ذات اهميــة بالغة كأنواع أسلاف للفقاريات العليا ، أما كأسماك ناجحة فان الأسماك شعاعية الزعانف تعتبر اكثر اهمية . ابتداء من العصر الكربونى أصبحت هى الأسماك السائدة. وعلى النقيض من كثير من لحمية الزعانف ، لا يوجد فتحات أنف داخلية كما أن القشور كانت بدائية من نوع مختلف تماما باستثناء بعض النماذج البدائية لم يكن للزعانف فص لحمى أبدا . وبدلا من ذلك ، كما يتبين من الاسم ، فان الزعانف الزوجية عبارة عن اغشية من الجلد مدعمة بأشعة قرنية .

وقد قسمت شعاعية الزعانف منذ فترة طويلة الى ثلاث مجموعات ، سنعتبرها هنا فوق رتب ، هى الأسماك الغضروفية ، والأسماك كاملة التعظم والأسماك العظمية مرتبة ترتيبا تصاعديا ، وليست هذه الأسماء دقيقــة وخاصة من وجهة نظر معلوماتنا الحالية عن تطور الأسماك شعاعية الزعانف غير انها يمكن الابقاء عليها على سبيل الارضاء .

**الأسماك المتغضرفة :** لقد كانت الأسماك شعاعيـــة الزعانف ممثلة فى الحقبة القديمة من الحياة بأجناس كثيرة من الأسماك المتغضرفة تعـــرف بالأسماك البراقة البائدة ( شكل ٢٩ ، أ ) . وكانت هـذه الأسماك صغيرة



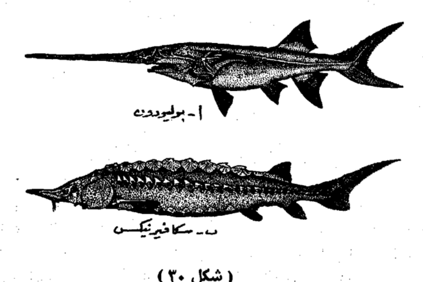

( شكل ٢٩ )

أسماك شعاعية الزعانف بدائية . أ ـ نوع مبكر من حقبــة الحيــاة القديمة ، ب ـ مثال حى من الأسماك البراقة البائدة ذو زعانف متحـورة التركيب .

( أ ـ عن تراكوير ، ب ـ عن دين )

الحجم بوجه عام لها ذيل منحرف الى أعلى يشبه ذيل القرش ( من النوع غير المتســـاوى ) راجع شكل ١٢١ أ ، كما أن لهـــا قشـــورا مغطاة بمادة لامعـــة تعـــرف بالجانوين . ( ويطلـــق مصطلح جـــانويدات أحيـــانا على اسماك هذه المجموعة . غير انه يجب تحاشيـــه حيث أنه يستعمـــل عادة بدون تمييز وبمعان متباينة لأية سمكة قديمة لها قشور لامعة ) . وفى الأيام المبكرة من تاريخ الاسماك العظمية كانت فصيات الزعانف والأسماك الرئوية تزيد عددا عن النماذج شعاعية الزعانف البدائية ، الا انه بحلول العصر الكربونى اصبح عدد الأخيرة كبيرا جدا عن منافسيها المبكرة واحتشدت فى البحيرات والأنهار القديمة فى أعداد وانواع هائلة . واستمرت هذه الاسماك متوافرة فى العصر الترياسى ؛ وكانت ممثلة اساسا بأنواع متقدمة انتقـالية للأسماك كاملة التعظم ، واندثرت بعد ذلك الاسماك البراقة البائدة بسرعة حيث اختفت تماما قبل نهاية الحقبة الوسطى .

وما زالت هذه المجموعة من شعاعية الزعانف البدائية موجودة فى صورة ثلاثة انواع شاذة ، اثنان منها هما : الاسترجونات ، والأسماك المجـدافية ( وكلاهما موجود فى امريكا الشمالية ) واقرب الى الانقراض ( شكل ٣٠ ) . وقد افتقدت هذه الاسماك الغطاء اللامع للقشور الذى كان موجودا فى أسلافها




( شكل ٣٠ )

اسماك غضروفية . أ ــ السمكة المجدافية أو ( القط ملعقى المنقار) من المسيسيبى ، ب ــ استرجون ( عن جود )

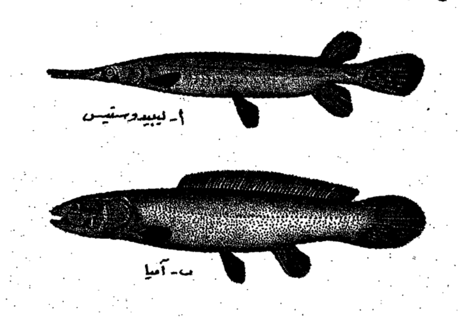
وربما تبقى القشور موجودة على الذيل غير ان السمكة المجدافية بصفة خاصة عارية الجلد ، وللاسترجون درع جزئية من صفوف من صفائح عظمية ملساء. اما الهيكل الداخلى ، الذى كان عالى التعظم فى اسلافها ، فقد اصبح منقرضا تقريبا كما فى القرش حيث انه اساسا غضروفى ، فى حين يتبقى قليل من العظم . كذلك اصبحت طريقة اغتذائها منقرضة . وفى كل من الاسترجونات والاسماك المجدافية تكون الفكوك ضعيفة ، وفى مقدمة الفكوك يوجد بوز حساس يبحث امامها عن الغذاء ، وتعتبر الاسترجونات والأسماك المجدافية من اسماك القاع الرمامة او المصفائية التغذية . ولا يوجد بها اى دليل من العلامات المميزة للأسماك البراقة البائدة سوى الزعنفة الذيلية الباقية شبيهة بالزعنفة الذيلية للقرش .

اما النوع الثالث من الأسماك المتغضرفة الموجودة فهو البوليبترس ( شكل ٢٩ ، ب ) او البشير فى وسط افريقيا ، الذى يعيش تقريبا فى نفس الظروف البيئية التى تعيش فيها الاسماك الرئوية لهذه القارة . وقد تحورت الزعانف فى البوليبترس عن النوع الموجود فى اسلافه ، كما أن زعنفته الذيلية اصبحت متماثلة ، وانشطرت زعنفته الظهرية الى مجموعة من التراكيب الصغيرة شراعية الشكل ( التى ترجع اليها تسميته العلمية ) ولزعانفه الزوجية بخلاف اية سمكة شعاعية الزعانف حقيقية ، فص لحمى . وينفرد البوليبترس من بين شعاعية الزعانف باحتوائه على رئات نموذجية ، بينما تحتوى شعاعيات الزعانف الأخرى بدلا منها على تركيب يسمى المثانة الهوائية التى ليس لها اية وظيفة تنفسية على الاطلاق ، ولكنها بدلا من ذلك عضو هيدروستاتيكى .

وبسبب وجود الرئتين والزعانف الزوجية اللحمية فقد اعتبر البوليبترس لفترة طويلة من فصية الزعانف . الا ان الدراسة المستفيضة اثبتت عدم صحة ذلك . ومن المحتمل ان الرئتين كانتا موجودتين فى كل الأسماك العظمية البدائية ، ويبدو ان معيشة البوليبترس فى ظروف الجفاف الغريبة يرجع ( كما فى الاسماك الرئوية ) الى الاحتفاظ بها . وبالرغم من أن الزعانف لحمية فانها تختلف اختلافا ملحوظا فى نظامها عنها فى فصية الزعانف. ويتفق تشريح الحيوان بصفة عامة مع تشريح الأسماك شعاعية الزعانف عن لحمية الزعانف ، كما أن القشور من النوع المغطى بطبقة براقة ، على النقيض

تماما من لحمية الزعانف . وبالتأكيد فان البوليبترس يعتبر انحدارا متحورا نوعا ما من الأسماك البراقة البائدة .

**الأسماك كاملة التعظم:** تتبع الأسماك كاملة التعظم الأسماك المتغضرفة كأسماك سائدة فى أواسط الحقبة الوسطى من الحياة . وقد أصبح الذيل القديم ، المتجه الى أعلى والذى يشبه ذيل القرش ، قصيرا ، كما اتجهت الفكوك الى أن تكون لها فتحة أقصر ، واتجهت القشور فى حالات كثيرة الى أن تفقد غطاءها البراق . وكان هناك اتجاه آخر فى هذا الوقت هو أن الأسماك شعاعية الزعانف كانت تغزو البحار ، وكان المركز الرئيسى لتطور شعاعية الزعانف ابتداء من العصر الجيوراسى هو المحيط . غير أن أسماك المحيطات الكاملة التعظم مندثرة ( فقد أصبحت المجموعة نادرة الوجود فى العصر الكريتاسى ) ولا يوجد منها سوى اثنين هما نماذج من المياه العذبة فى أمريكا الشمالية . واسماك ابو منقار او ليبيدوسيتس ( شكل ٣١ ، أ ) هى أسماك سريعة السباحة تمثل أسلاف الأسماك كاملة التعظم فى كثير من الوجوه الا أنها تتخصص فى استطالة فكوكها ، وهى صفة مرتبطة بعاداتها المفترسة . وهناك نوع اكثر تقدما هو آميا ( شكل ٣١ ، ب ، ) ، وهى سمكة فى بحيرات وأنهار



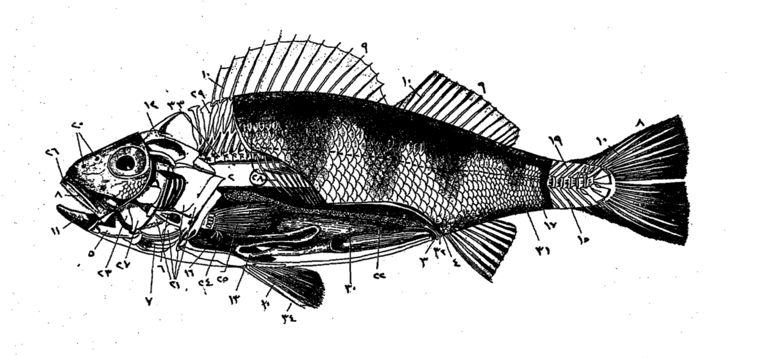

( شكل ٣١ )

اسماك كاملة العظم . أ ـ أبو منقار ، ب ـ السمكة قوسية الزعانف . وكلاهما يعيش فى المياه العذبة فى امريكا الشمالية وهى الوحيدة الموجودة من المرحلة السابقة على الأسماك العظمية ( عن جود ) .

المناطق الغربية الوسطى والجنوبية وتعرف شعبيا باسم « كلب السمك » ، أو « سمك الطين » ، أو قوسية الزعانف . وفى هذه الأسماك كاملة التعظم نجد أن الهيكل الداخلى غير متداع اطلاقا ولكن فى آميا نجد أن القشور قد افتقدت غطاءها البراق ، وان الذيل يشبه كثيرا ذيل الأسماك العظمية .

**الأسماك العظمية :** تكون الأسماك العظمية كما يدل الاسم المجموعة الطرفية للأسماك شعاعية الزعانف وهى الأسماك السائدة فى العالم فى وقتنا الحاضر. ويبدو أنها نشأت من الأسماك كاملة التعظم فى محيطات الحقبة الوسطى وحلت محل المجموعة القديمة بنهاية العصر الكريتاسى كأكثر انواع الأسماك ازدهارا . وقد اختزل الذيل ــ الذى يشبه ذيل القرش أصلا ــ فى الأسماك العظمية وأصبح للزعنفة الذيلية مظهر سطحى متماثل . والزعانف الزوجية صغيرة ، فالزعانف الصدرية توجد عادة فى أعلى جانبى الجسم وقد تستخدم كفرامل فعالة . والزعانف الحوضية فى اغلب الأحيان موجودة فى الأمام . وقد افتقدت القشور كل اثر للغطاء البراق الاصلى واصبحت بوجه عام تراكيب عظمية رقيقة مرنة .

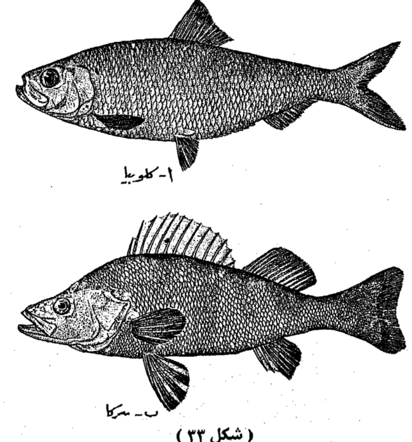
وفى المحيطات حيث نشأت هذه الاسماك العظمية نجد انها تكون ( رغم وجود أسماك القرش والقوابع ) الغالبية العظمى للاسماك المستوطنة . وقد غزت هذه الأسماك كل بيئة بحرية ممكنة من محاذاة الشاطىء الى الاعماق السحيقة ، كما انها عادت الى غزو المياه العذبة كذلك حيث تكون تقريبا كل التعداد السمكى . والأسماك العظمية هى بلا جدال أكثر الفقاريات تعدادا . ويقدر عددها بحوالى ٢٠،٠٠٠ بليون من الانواع ، ويبلغ عدد افراد النوع الواحد ، فى الرنجة مثلا ، حوالى بليون ، ويعزى نجاح الأسماك العظمية جزئيا الى تركيب بدنى فعال ، ولو انه على الاقل جزئيا يعزى الى الخصوبة غير العادية . وتضع الأسماك العظمية الموجودة من المجموعات الأخرى اعدادا متوسطة من البيض ، وفى الأسماك العظمية لهذه المجموعة نجد ان الرنجة مثلا قد تضع ٣٠،٠٠٠ بيضة فى الموسم الواحد كما يقدر ما تنتجه انثى سمكة البكالا بحوالى تسعة ملايين بيضة ، وفى الاحصائية الفردية يكفى نمو سمكتين الى الطور اليافع لحفظ اعداد النوع . ونظرا لوفرة هذه الأسماك العظمية فهى تمثل مصدرا رئيسيا لغذاء الانسان ، حيث توفر لنا المواد العضوية الموجودة فى المحيط فى صورة غذائية سهلة ، وهى مواد تكثر بصفة خاصة على الشواطىء الضحلة نسبيا والصخور القريبة من سطح الماء حيث تتركز الثروات السمكية الرئيسية .



( شكل ٣٢ )

تشريح تخطيطى للسمكة العظمية ( بيركا ) . ١ = الزعنفة الشرجية ، ٢ = المثانة الهوائية ، ٣ = الشرج ، ٤ = ثقب بطنى ، ٥ = العظم المفصلى ، ٦ = الانتفاخ الشريانى ( المخروط الشريانى ) ، ٧ = أشعة غطاء الخياشيم ، ٨ =

ويبدو أن الرنجة والنماذج المشابهة ( شكل ٣٣ ، أ ) تمثل مجموعة بدائية من الأسماك العظمية من أقاربها السلمون والتروات ( السلمون المرقط)




**( شكل ٣٣ )**

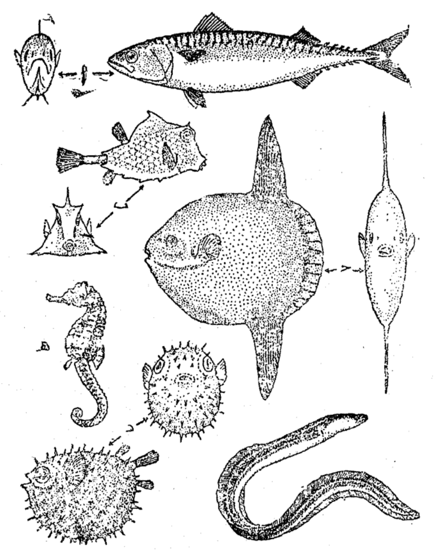
أسماك عظمية . أ - نوع بدائى ، الرنجة ؛ ب - سمكة عظمية شوكية متقدمة : البيركا الصفراء . ( عن جود )

---

تابع كلام الشكل ٣٢ :

الزعنفة الذيلية ، ٩ = الزعانف الظهرية ، ١٠ = الأشعة الجلدية للزعانف ، ١١ = العظم السنى ، ١٢ = العرف الظهرى للجمجمة ، ١٣ = الأمعاء ، ١٤ = الأقواس الخيشومية ، ١٥ = الأشواك الدموية ( ممتدة تحت الذيل فى الزعنفة الذيلية ) ١٦ = الكبد ، ١٧ = الخط الجانبى ، ١٧ = الفكى ، ١٨ = الأشواك العصبية ، ١٩ = الفتحات الأنفية ، ٢٠ = عظام غطاء الخياشيم ، ٢١ = المبيض ، ٢٢ = الجناحى ، ٢٣ = الزوائد الأعورية ، ٢٤ = الزعنفة الصدرية ، ٢٥ = الفكى الأمامى ، ٢٦ = المربعى ، ٢٧ = ضلوع ، ٢٨ = الدعامات القاعدية للزعانف ، ٢٩ = المعدة ، ٣٠ = قشور ، ٣١ = الفتحة البولية التناسلية ، ٣٢ = أجسام الفقرات ، ٣٣ = الزعنفة الحوضية ( البطنية ) .

أما الشبوط ( المبروك ) والصلور فهى تميز قسما كبيرا من أسماك المياه العذبة العظمية . أما الأسماك العظمية الاكثر تقدما ، وكلها تقريبا بحرية ،.




شكل ٣٤ ـ عدد من الأسماك العظمية لتبين النماذج المختلفة لهذه المجموعة الحديثة من الأسماك . ا ـ سمكة الاسكمرى ( سكومبر ) وهى سمكة انسيابية سريعة السباحة ، ب ـ السمكة الجزعية ( أوستراكيون ) ذات الجسم الثابت والزعانف فقط هى المتحركة ، جـ ـ سمكة الشمس البحرية (مولا) وهى سمكة رفيعة جدا عميقة الجسم لملاءمة المياه الهادئة، د ـ السمكة الكروية ( كيلوميسيترس ) ذات الشكل الكروى تقريبا ، هـ ـ فرس البحر ( هيبوكامبس ) ، و ـ ثعبان السمك الشائع ( انجويللا ) . عن نورمان ـ تاريخ الأسماك .

فهى النماذج الشوكية الزعانف ومن امثلتها النموذجية البركا ( شكل ٣٢ ، ٣٣ ، ب ) التى يوجد فيها أجزاء ، على الأقل ، من الزعانف مدعمة بأشواك غليظة قوية بدلا من الأشعة اللينة .

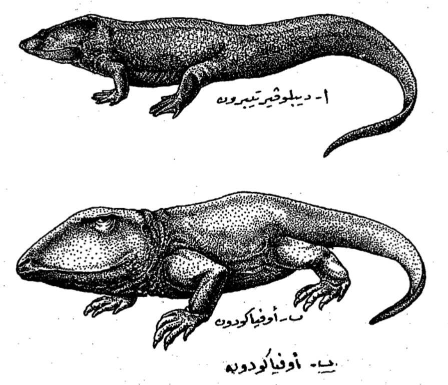
والأسماك العظمية هى أكثر الفقاريات تقلبا ، فقد نشأت تشكيلة كبيرة من أشكال الجسم بين الأقسام الدنيا والعليا للاسماك العظمية ، يبين شكل ٣٤ بعضا منها . كما تختلف عاداتها كذلك ، ففى التغذية تتراوح بين آكلة جزئيات نباتية مجهرية ، ومفترسة تهاجم الأسماك الأخرى . وبالرغم من أنها لم تتمكن من غزو البر والهواء فان بعض الاسماك العظمية مثل البركا المتسلقة يمكنها ان تتسلق الى البر على أشواك زعنفية غليظة ، كما يمكن « للاسماك الطائرة » ان تنزلق فوق سطح الماء .

وفى اية دراسة مقارنة لتشريح الفقاريات أو فسلجتها تتضمن الأسماك العظمية ، فانه لا بد من استعادة تاريخهـــا البيئى فى الذهن . وما دامت الفقاريات البرية تنحدر من أسماك المياه العذبة فاننا نميل دائما الىالافتراض بأن التراكيب والوظائف الموجودة فى الأسماك العظمية للمياه العذبة قد تمثل ما كان موجودا فى أسلاف رباعيات القدم . ولكننا يجب أن نتذكر ان اسماكنا الشائعة تنتمى الى فرع مختلف من شجرة العائلة السمكية عن الفرع الذى تطورت عنه الحيوانات البرية . وبالاضافة الى ذلك يجب أن يكون فى ذهننا ان أسماك المياه العذبة العظمية الحديثة لم تكن بأية حال مقيمة باستمرار فى هذه البيئة منذ الأيام المبكرة من تاريخ الاسماك ، وانه لا بد ان كانت هناك فترة بحرية طويلة تخللت بين ذلك الوقت ووقتنا الحاضر .

## البرمائيـــات

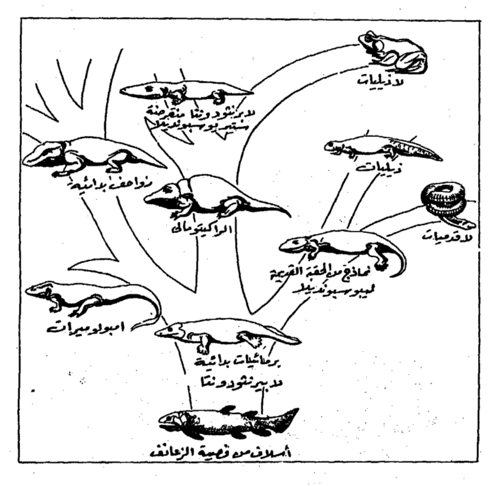
ربما كان من أكبر المخاطرات التى قامت بها الفقاريات فى اثنـــاء تاريخها الطويل هو تكوين رباعيات القدم لغزو البر ، وهى خطوة اقتضت تغييرات رئيسية فى الوظيفة ونتجت عنها تحورات تركيبية عميقة . ويعتبر التحول من السباحة الى المشى على اربع اقدام ، ومن التنفس بالخياشيم الى سيادة الرئتين من اكثر التحورات الضرورية وضوحا فى هذه الخطوة . الا أن التحليل أظهر أن التغيرات الوظيفية والتركيبية كانت ضرورية فى كل عضو أو جهـاز عضوى من الجسم تقريبا .

وطائفة البرمائيات هى المجموعة الأساسية للفقاريات البرية . ويوجد منها ثلاث رتب ( شكل ٣٦ ) هى الضفادع والعلاجيم ( اللاذيليات ) ، سمندر الماء والسمندر ( الذيليات ) وبعض المجتحرات شبيهة الديدان(اللاقدميات) واكثرها شيوعا هى اللاذيليات وهى معروفة لنا فى المناطق المعتدلة وتتمثل بمجموعة كبيرة فى المناطق الاستوائية . وتتضح طبيعتها المتخصصة فى عادة القفز المسئولة عن تحورات كثيرة فى تركيبها وخاصة فى الجهاز الهيكلى . والسمندر رغم أنه قليل العدد فانه ليس غير شائع فى المناطق الرطبة المعتدلة . وفى شكله الخارجى يشبه السمندر البرمائيات الأسلاف التى نشأت أولا من اسلاف سمكية . ويوجد جسم مستطيل غليظ البناء له عضلات جذعية قوية وذيل حسن التكوين يساعد فى السباحة . وقد اختفت الزعانف الفردية للاسماك ، فى حين كونت الزعانف الزوجية اطرافا برية نموذجية مميزة لرباعيات القدم . أما اللاقدميات فلن تكون معروفة لكثير من القراء فى هذا المجال حيث أنها تضم فقط اجناسا قليلة من المجتحرات الصغيرة العمياء الاستوائية التى لا تشبه ديدان الأرض .




شكل ٣٥ ـ أ ـ ديبلوفيرتيبرون ، وهو برمائى من الحقبة القديمة ( لابرنشودونت ) . ب ـ أوفياكودون ، وهو زاحف من العصر البرمى المبكر ، يمثل الأفراد البدائية لهذه الطائفة بالرغم من انه يظهر ما يشير الى ارتباط بأسلاف ثديية . ( عن جريجورى ) .

وفى السمندر وفى الرتب الحديثة الاخرى من البرمائيات نجد صفات داخلية كثيرة تسد ثغرات تركيبية بين الأسماك فصية الزعانف والطوائف العليا من الفقاريات البرية . وتعتبر التراكيب والوظائف فى البرمائيات هامة للدراسات المقارنة ولكنه يجب التبصر فى الوقت نفسه . والضفادع والسمندر واللاقدميات كلها برمائيات ، والبرمائيات هى أكثر طوائف رباعيات القدم بدائية ، غير اننا يجب الا نكمل نتيجة منطقية كاذبة بأن نختتم أن هذه البرمائيات الحديثة هى فى الحقيقة رباعيات قدم بدائية . وفى الرتب الحديثة




شكل ٣٦ ــ شجرة العائلة فى البرمائيات . تبين المجموعات الموجودة فى أعلى اليمين . وتجمع الذيليات واللاقدميات وأقاربها من الحفريات عادة فى الليبوسبونديلا ، لتميزها عن اللابيرنثودونتا . وقد اعتبرت الضفادع بصفة عامة منحدرة من اللابيرنثودونتا الا ان هذا بعيد عن التأكيد . وتسمى المجموعات المختلفة من اللابيرنثودونتا بأنواع الفقرات الذى سنناقشه فى الفصل السابع .

نجد ان الهيكل منقرض مع افتقاد كبير فى عظم الجمجمة ، فى السمندر بصفة خاصة ، اتجاه الى استبقاء الغضاريف الجنينية ، ويحيد العمود الفقارى فيها جميعا عن مثيله الذى كان موجودا فى الأسلاف الحقيقية من النماذج البرية كما يبين القصر الشديد للجذع واختزال الذيل فى الضفادع درجة عالية من التخصص . كما تبدو الأطراف فى سمندر الماء غير مختلفة كثيرا الا أن اطراف الضفادع بالتأكيد عالية التحور ، كما أن اللاقدميات قد اختفت منها الأطراف نهائيا . واذا انتقلنا الى تشريح الأجزاء الداخلية فاننا لانستطيع الجزم ، الا أن هناك دلائل على ان هنا ايضا كثيرا من الصفات الشاذةفى هذه الرتب الحديثة . وتحيد الضفدعة الى حد كبير ، فى صفات كثيرة ، من الناحية التركيبية عن اقدم الفقاريات البرية كما يبتعد الانسان ، وحتى السمندر يجب النظر اليه بشىء من الريبة .

ولكى نصل الى الأسلاف الحقيقية للحيوانات البرية كلها يجب أن ننتقل الى سجل الحفريات الخاص بأواخر الحقبة القديمة حيث عاشت برمائيات عديدة ومختلفة ذات طبيعة بدائية ، فى العصر الكربونى وأوائل العصر البرمى . وكانت هناك مجموعتان رئيسيتان مميزتان فى ذلك الوقت.

احتوت احداهما مجموعة من الحيوانات الصغيرة تسمى ليبوسبونديلا والتى من صفاتها المميزة هو شكل البكرة الذى تتميز به الأجزاء الجسمية لفقل العمود الفقارى . ويبدو من المعقول أن الليبوسبونديلا القديمة ، بالرغم من قدمها ، كانت فرعا جانبيا ، اذا كانت تعتبر فرعا مبكرا ، من الجذع الأساسى للحيوانات البرية . ويجب البحث عن الأساس الحقيقى بين مجموعة أخرى مبكرة من البرمائيات هى اللابيرنثودونتا ( شكل ٣٥ ، أ ) . وكانت هذه الحيوانات ذات الأحجام المختلفة، بوجه عام، اكبر نسبيا من الليبوسبونديلا المعاصرة ، وقد وصل بعضها الى مقاييس التماسيح . وكان بناؤها الفقارى صفة مميزة ؛ اذا كان واحد مما يعتقد أن البناء الفقارى للزواحف والفقاريات العليا قد اشتق منها ( راجع شكل ١٠٤ ، ١٠٥ ) . وباستثناء غياب الزعانف الفردية ووجود أرجل قصيرة ، ولكن متينة ، تكونت من الزعانف الزوجية ، فان كثيرا من صفات اللابيرنثودونتا المبكرة يمكن مقارنتها

بصفات فصية الزعانف التى انحدرت منها . وقد كانت هى الفقاريات الأولى التى خطت على اليابسة .

وفى أواخر الحقبة القديمة وبداية الحقبة الوسطى كانت اللابيرنثودونتا كثيرة ومتنوعة . وقد انحدر منها فى مرحلة مبكرة ، بالتخمين ، جذع الليبوسبونديلا الذى انحدر منه السمندر واللاقدميات . وقد اعتبرت الضفادع عامة فرعا مستقلا بذاته من اللابيرنثودونتا غير انه من المحتمل انها تنسب الى الليبوسبونديلا ، الأمر الذى يحتاج الى اثبات اكثر .

وقبل نهاية الحقبة القديمة نشأت الزواحف من اللابيرنثودونتا، وبظهور هذه الطائفة الأكثر تقدما تضاءلت اهمية البرمائيات سريعا . واختفت اللابيرنثودونتا مع نهاية العصر الترياسى ، وتلعب البرمائيات الموجودة ، دورا بسيطا فى حياة الفقاريات الحديثة .

ويميل الانسان أحيانا الى التفكير فى تكوين الفقازيات البرية المبكرة كنتيجة لبعض الدوافع الى الحياة على الأرض بين اسلافها من الأسماك غير أن هذا ، من الطبيعى انه غير معقول ، فتطور البرمائيات المبكرة التى تستطيع السير على اليابسة يبدو انه حدث جوهرى عظيم . ويبدو أن البرمائيات قد نشأت من اسلاف فصية الزعانف قرب نهاية العصر الديفونى، وهو عصر يبدو أن مواسم الجفاف فيه كانت شائعة فى معظم مناطق الأرض . والرئتان اللتان كانتا موجودتين أصلا فى الأسلاف السمكية تعتبر تكيفا بيئيا مدهشا يمكن استخدامه تحت ظروف المياه الراكدة . ولكن عند جفاف مجرى أو بركة جفافا تاما فان اية سمكة نموذجية تسكن كلية وتموت . وفضلا عن ذلك فان زيادة تكوين الزعانف اللحمية الموجودة أصلا فى فصية الزعانف سيعطى صاحبها سعيد الحظ فرصة الزحف مع وعكس تيار المجرى ( ولو أن هذا يحدث فى البداية بمشقة ومجهود كبيرين ) ويمكنه من الوصول الى منطقة مائية يعيش فيها حيث يمكنه مواصلة حياته السمكية .

وقد تكون الأرجل ، وهى الصفة المميزة لرباعيات القدم ، كنقطة بداية، تقدما آخر نحو الحياة فى الماء . ولقد كان اى برمائى مبكر اكثر قليلا من انه

سمكة رباعية القدم وكانت الحياة على اليابسة أبعد شيء عن تفكيره ( اذا كان قد فكر فى ذلك ) . والمحتمل أنه بعد فترة طويلة من الزمن فقط أن بدأت الحيوانات التى انحدرت منه تستطلع امكانيات المعيشة على اليابسة التى تفتحت أمامها من خلال قدرتها على التحرك . وحتى فى وقتنا الحاضر فان المتبقى من الحيوانات التى انحدرت منها ، كبرمائيات ، لم يمول كلية أبدا على حساب هذه القوى الكامنة .

ويدل لفظ برمائيات على الطريقة المزدوجة للحياة التى تعيشها معظم افراد هذه الطائفة . وتقضى بعض العلاجيم كثيرا من حياتها على أرض جافة، غير أن غالبية البرمائيات لا تخاطر بأبعد من ضفتى المجرى ، كما أن بعض النماذج الحديثة ما زالت تعتمد جوهريا فى حياتها على الماء كما كانت أسلافها. وما زالت الطريقة النموذجية لتكوين البرمائيات كما فى الضفادع والعلاجيم المعروفة فى المناطق المعتدلة الشمالية هى نفسها طريقة التكوين فى الأسماك الأسلاف . فيوضع البيض فى الماء حيث ينمو فيه الى أبى ذنيبة يعيش فى الماء ويتنفس بالخياشيم . ولا تحل الرئتان محل الخياشيم الا قرب اكتمال الطور اليافع ، كما يتم فى نفس الوقت تكوين الأطراف حيث يتمكن الحيوان من الحياة على اليابسة . ويرتبط الحيوان البرمائى بالماء خلال فترة تكوينه، كما تتطلب الضرورة عودته الى نفس المكان بصفة دورية للتكاثر . وعلى الرغم من أن كثيرا من البرمائيات الحديثة قد اكتسبت بعض التكيفات البيئية لتجنب هذا التعقيد ، فان أحدا منها لم يستطع أن يعيش معيشة برية كاملة . وفى الحقيقة فان السمندر قد تخلى عن المحاولة ، ولم يظهر «جرو الطين» الأمريكى أبدا على اليابسة فى أى مرحلة حيث يستبقى الخياشيم الخارجية والتنفس فى الماء ويتكاثر بطريقة غير كاملة فى أطواره اليرقية .

## الزواحف

لقد انحدرت الزواحف من البرمائيات القديمة التى حلت بكل ارتياح هذه المشكلة التكاثرية ، واصبحت أولى الفقاريات التى تحيا حياتها كاملة على اليابسة . ان ابتكار بيضة الرهليات ( وما يرتبط بها من عمليات التكوين انظر الفصل الخامس ) هو أكبر صفة مميزة للزواحف عن البرمائيات .

وتوضع بيضة الزواحف على الأرض ، وبذلك يمكن تجنب ضرورة أى تكيف بيئى للمعيشة فى الماء فى الأطوار الجنينية أو اليافعة . ويعتبر هذا النوع من البيض النوع المألوف الذى تحتفظ به الطيور المنحدرة من الزواحف . وتقوم القشرة بالحماية ، كما ان وجود كمية كبيرة من المح يمثل وفرة من المواد الغذائية تساعد الجنين الصغير ( على عكس ابو ذنيبة ) على الفقس فى حجم جيد معتدل وفى صورة طبق الأصل ومصغرة للطور اليافع مما يجنب ضرورة تجوال الأجنة الصغيرة بحثا عن غذائها . ومن الأغشية الجنينية المتكونة داخل قشرة البيضة ، غشاء يغلف كلا من الجنين والمح ، ويكون الآخر عضوا تنفسيا يشبه الرئة ويقوم بامتصاص الأكسجين الذى يخترق القشرة المسامية ، فى حين يحيط الثالث ( الرهل الذى اشتق منه اسم نوع البيضة ) بالجنين المتكون فى مساحة ممتلئة بسائل ، كصورة طبق الأصل لبرك الأسلاف . ولقد كان تكوين هذا النوع الجديد من البيض هاما بالنسبة للتطور الأخير للفقاريات البرية لدرجة أن الزواحف ، كما ذكرنا من قبل ، تجمع مع الطيور والثدييات التى انحدرت منها تحت اسم الرهليات .

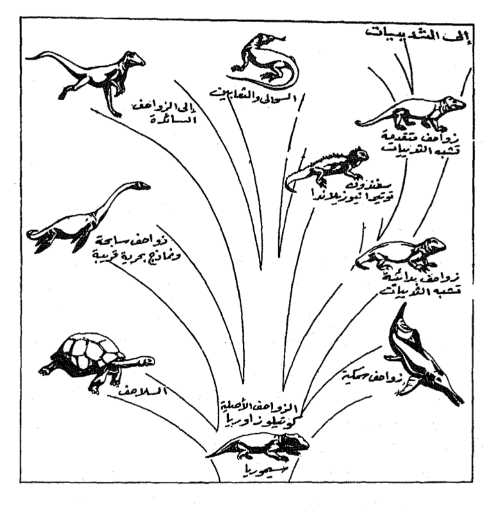
ومن المحتمل ان أقدم الزواحف كانت ما تزال برمائية فى عاداتها ، وان بيضة الرهليات ليست الا مجرد تكيف بينى متمش مع ( غير انه أفضل من) التكيفات البيئية الإخرى التى تشاهد فى البرمائيات الحديثة ، وهو تطوير أبعد البيض عن أخطار الجفاف وعن الأعداء الموجودة فى مياه الأسلاف . ومرة أخرى نجد هنا تقدما كبيرا فى تطور الفقاريات حققته المصادفات السعيدة .

وتوجد الزواحف الحديثة ، التى تتكون أساسا من العظاءات «السحالى» والثعابين والسلاحف بوفرة معتدلة فى المناطق الاستوائية الا أنها ليست ذات أهمية فى المناطق المعتدلة ، وغير موجودة على الاطلاق فى المناطق الباردة حيث ان البقاء بالنسبة لهذه المخلوقات « ذات الدم البارد » صعب . غير أن النماذج الحديثة ليست سوى بقايا متفرقة للسربل العظيم من الزواحف الذى بدأ فى أواخر الحقبة القديمة وتشعع الى تشكيلة مدهشة من النماذج التى سادت الأرض لفترة طويلة وتسببت فى ان يطلق على الحقبة الوسطى اسم شائع هو عصر الزواحف ( شكل ٣٧ ) . ولقد كان الجذع الأساسى الذى تفرعت منه ، أو « الكوتيلوزاوريا » التى اندثرت من وقته

بعيد ، أو الزواحف الأصلية ـ بصرف النظر عن التقدم فى ناحية التكاثر ـ لا يزال مبتذلا وثقيلا ، حيث كانت الأطراف ممتدة على جانبى الجسم ، ولم تكن هذه الزواحف أكثر تقدما عن أسلافها وأبناء عمومتها من البرمائيات . غير أنه ما من شك أنه يسبب كسر السلاسل التى تربطها بالماء ، فقد تكونت منها فى الوقت الحاضر المجموعات التى أصبحت مشهورة فى الحقبة الوسطى .

ومن احد الفزوع الجانبية المبكرة للزواحف الأصلية أو رتبة السلحفيات . وهى فى مشيتها المسطحة تعيد ذكرى أجدادها من الحقبة القديمة ، غير أن السلاحف قد تقدمت تقدما واضحا فى تكوين صدفة وقائية من العظم مغطاة بمادة قرنية لحماية الظهر والبطن ، ومنذ احاطتها بهذه الدرع ظلت السلحفيات محافظة على ما هى عليه ؛ ومنذ العصر الترياسى لم تتقدم سوى القليل فى معظم الوجوه . والتقدم الوحيد الأخير الذى يمكن أن يذكر والذى طرأ على الرتبة كلها هو اكتساب القدرة التى لم تكن موجودة من قبل ، على سحب الراس الى الخلف داخل الصدفة . ويحدث ذلك فى جميع الأنواع المألوفة بسحبة مستقيمة الى الوراء مع حنى الرقبة فى منحنى على شكل حرف s ، كما أن بعض النماذج الاستوائية القديمة يمكنها ثنى الرأس على الجانبين فى محاذاة الكتف . وكما هى الحال فى غالبية الزواحف القديمة نجد أن معظم السلاحف الحديثة برمائية تغشى البرك والأهوار ، غير أن البعض قد عاد الى الحياة المائية الخالصة ، كما تكونت بعض النماذج البحرية التى لها أطراف مجدافية الشكل لدفعها الى الأمام . وفى الطرف الآخر أصبحت مجموعة السلاحف البرية تعيش معيشة كاملة على اليابسة .

وبرغم قدرتها المكتسبة الجديدة على غزو البر فان عددا من مجموعات زواحف الحقبة الوسطى تحولت ( مثل السلاحف البحرية ) الى معيشة بحرية . وهناك نوعان مشهوران من الحقبة الوسطى من هذا القبيل (اندثرت حاليا ) هما : الزواحف السابحة ، والزواحف السمكية . ولقد كانت الزواحف السابحة ( رتبة الزاوروبتريجيا أو رتبة الزواحف المجنحة ) وتقارن عامة بثعبان مربوط فى جسم سلحفاة . ولم تكن الزواحف السابحة بأية حال مرتبطة بأى من هذه الزواحف ولكن الوصف لم يكن كافيا . ولقد كان لها عنق طويل أو بوز طويل أو كلاهما معا ، وكان الجسم قصيرا وعريضا




شكل ٣٧ ــ شجرة عائلة بسيطة للزواحف ( لا تتضمن الزواحف السائدة ) ( عن رومر ــ قصةالفقاريات ، مطابع جامعة شيكاغو ) .

ومفلطحا نسبيا . وكان من المستحيل العودة الى طريقة الحركة الشبيهة بالأسماك ، حيث كان الجسم غير مرن والذيل قصيرا ، وبدلا من ذلك فان الاطراف كونت تراكيب قوية تشبه المجاديف يشق الحيوان بواسطتها طريقه فى البحر .

وحتى الزواحف السمكية كانت اكثر غرابة فى تركيبها ، وكان محتملا على الاقل أن الزواحف السابحة يمكنها أن تتهادى ببطء على الشاطىء كما تفعل السلحفاة البحرية أو الفقمة . غير أن الزواحف السمكية أصبحت مكيفة تماما للحياة البحرية مثل ( سمك يونس ) خنزير البحر . أو الدولفين ( التى تشبهها كثيرا ) ، كما أن هناك أدلة من الحفريات على أن وضع البيض

على اليابسة قد اهمل ، وان الأجنة كانت توضع حية . وقد تحول شكل الجسم مرة أخرى الى شكل السمكة حيث قرب العنق ليصبح شكل الجسم مغزليا ، كما قصرت الأطراف الى أجهزة حركة صغيرة ، وأصبحت الحركة بطريقة تشبه الأسماك بتموجات الجسم والذيل ، كما تكونت زعنفة سمكية الشكل على الظهر واصبح الذيل عضوا قويا للسباحة ويشبه فى مظهره ذيل القرش . غير انه بالنسبة للذيل نجد أن هناك اختلافا ملحوظا . فبينما تميل نهاية العمود الفقارى الى الفص العلوى للزعنفة الذيلية فى القرش نجد انها فى الزواحف السمكية تتجه بشدة الى أسفل فى النهاية الخلفية ، وتمتد الزعنفة فوقها ( كما نعرف من اللوحات الممتازة من الحفريات ) .

وتعطى المنطقة الصدغية للجمجمة صفات مميزة يستفاد منها فى تصنيف الزواحف وتتميز كل الزواحف الاصلية التى يجب اضافة ذكرها ( باستثناء أسلاف الثدييات ) بانحدارها من نماذج لها فتحتان ( كوتان ) تحدهما اقواس عظمية توجدان فى الصدغ والخدود . وهناك مجموعة ثنائية الأقواس ( أى ثنائية الحفرة ) ظهرت مبكرا فى الحقبة الوسطى وبقيت حتى الآن ، رغم انها لم تشتهر ابدا ، هى رتبة الرينكوسيفاليا التى تمثل الآن بالسفندون . وقد عاش هذا المخلوق الذى يشبه العظاءة « السحلية » فى مظهره فى الأمان والعزلة النسبيين لنيوزيلاندا حيث اتسع انتشاره فى وقت ما ، ويوجد الآن فى بعض الجزر الصغيرة ، وقد انحدرت رتبة الحرشفيات الأكثر اتجاها والتى تشمل العظاءات «السحالى» والثعابين من نماذج قديمة قريبة من السفندون . ويمكن تمييزها علميا بأن منطقة الخد والصدغ للجمجمة قد اختزلت تاركة قوسا صدغيا واحدا (فى العظاءات « السحالى » ) أو لا شىء على الاطلاق ( فى الثعابين ) ( راجع اشكال ١٦٠، ١٦١ ) . وليست « الزواحف الحرشفية » أكثر ازدهارا فقط ، ولكنها كذلك أحدث رتب الزواحف ، حيث ان العظاءات « التسحالى » كانت قليلة حتى أواخر العصر الكريتاسى . كما ان انتشار الأنواع المختلفة من الثعابين لم يبدأ الا فى الحقبة الحديثة ، وتنتشر العظاءات « السحالى » بأنواعها الكثيرة انتشارا واسعا فى المناطق الاستوائية . وأكثر العظاءات « السحالى» الأمريكية شهرة هى الأجوانا واقاربها مثل العظاءة « السحلية » المطوقة أو « قندس الجبل الأمريكى » الذى يعيش فى الجنوب الغربى « والعلجوم المقرن » الصغير . وفى العالم القديم كانت اكبر النماذج هى العظاءات « السحالى » المنذرة ( الورل ) التى يصل احدها فى جزر الهند الشرقية اثنتى عشرة قدما فى الطول . وقد نجحت اقارب الورل فى أواخر العصر الكريتاسى نجاحا وقتيا كمجموعة من العظاءات البحرية الضخمة تسمى الموزازاورات او الزواحف الموسوية . وتعتبر الحرباء الحقيقية ، من المناطق

الاستوائية للعالم القديم ، باقدامها القابضة الغريبة ولسانها القابض المساك فرعا جانبيا متخصصا من الزواحف الاصلية . وفى كثير من العظاءات « السحالى » تكونت الانواع المجتحرة باطراف مختزلة او منعدمة .

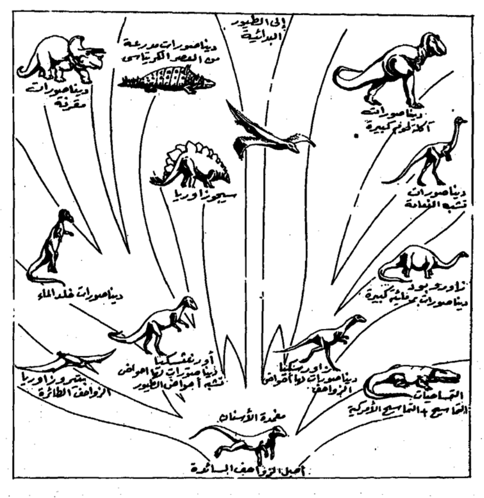
وقد اشتقت الثعابين من العظاءات « السحالى » وهى عالية التحور فى نقطتين رئيسيتين . والأطراف قد اختزلت وانعدمت تماما بصفة عامة فى بعض العظاءات « السحالى » وتتم الحركة فيها بتموجات التوائية للجسم والذيل ، وتمنع القشور القرنية البارزة الحركة الانزلاقية للوراء ، وفى الواقع ان الثعبان يسبح على الارض الجافة . وأكثر وضوحا ان اجزاء الجمجمة والجهاز الفكى قد تغيرت تغيرا ملحوظا فى اتجاه المرونة ونتيجة لذلك اصبحت تسمح بابتلاع الفريسة ككل . وهناك بعض الانواع البدائية من الثعابين متجحرة ، ومن المحتمل ان تطور الثعابين بدا بمثل هذه النماذج ، غير انه حتى من بين مثل هذه الانواع البدائية كالعاصرة ( تنين البروحية الصخرة وبعض الاحجام الكبيرة ) تعيش الغالبية الآن على السطح . وتنتمى الغالبية العظمى من الثعابين الى عائلة تمثلها النماذج الشائعة وغير الضارة الموجودة فى المناطق المعتدلة الشمالية . غير انه حتى فى هذه العائلة تكونت لكثير من الاجناس الأبيتوائية غدد سامة ، الا انها صغيرة وغير هجومية ، كما ان الانياب التى تقع فى مؤخرة الفم لا تسبب اضرارا كبيرة للانسان والحيوانات الاخرى . وهناك ثلاث عائلات اخرى تتضمن الثعابين السامة الكبيرة ذات الأنياب العالية التكوين والسموم القوية المتنوعة التى تهاجم الجهاز العصبى او تسبب تدمير الانسجة : (١) مجموعة، اساسا من العالم القديم ، تحتوى على الكوبرات وما شابهها ، كما تحتوى كذلك على الثعابين المرجانية ، (٢) ثعابين البحر السامة الموجودة فى المحيطين الهندي والباسفيكي ، (٣) الحيات بأنيابها الانتصابية ، وتتضمن الافاعى وحيات العالم القديم الاخرى ، وحيات الجحيم واغلبها امريكى مثل حية الجرس والحية نحاسية الراس وموكازين الماء .

ومن اهم مجموعات الزواحف التى لها نفس النوع ثنائى الاقواس لبناء الجمجمة مثل السفندون هى طويئفة الاركوزاوريا الضخمة او الزواحف البائدة ( شكل ٣٨ ) . ولا توجد فى وقتنا الحاضر ممثلة الا فى التماسيح والتماسيح الامريكية الشاذة ، الا ان معظم الزواحف البرية السائدة فى الحقبة الوسطى كانت من الاركوزاوريا وتعتبر الطيور منحدرة من هذه المجموعة .

ويوجد الجذع الأساسي للاركوزاورتيا في العصر الترياسي على شكل زواحف صغيرة مفترسة نحيفة البنيان متضمنة في رتبة « مغمدة الأسنان » . وتدل الارجل الخلفية الطويلة والتركيب المتحور للردف الى جانب الصفات الأخرى على انها بدأت تتكيف نحو المعيشة على رجلين ، ومن هذه البدايات البسيطة ظهرت الديناصورات . وتعتبر هذه بصفة عامة مكونة مجموعة واحدة من الزواحف الضخمة . غير ان هذه الفكرة غير صحيحة ، حيث انه رغم أن كثيرا من الديناصورات كانت كبيرة فان بعضها كان صغير الحجم ( كان حجم أحدها لا يتجاوز حجم الديك ) . وكان هناك جذعان رئيسيان للديناصورات لا يرتبطان بعضهما ببعض بصفة خاصة ، ارتباطا وثيقا سوى انهما انحدرا معا من أسلاف مغمدة الأسنان .

وفي مجموعة تسمى الزاورسكيا او الديناصورات شبيهة الزواحف ؛ كانت النماذج الأسلاف آكلة لحوم ثنائية الأرجل . وكان يمكن تمييز بعض النماذج الصغيرة البدائية من هذه الحيوانات ذات الرجلين بصعوبة من اسلافها مغمدة الأسنان . ونمت مجموعة اخرى الى أحجام عظيمة . فالتيرانوزاورس يعتبر اغلظ وأثقل آكلات اللحوم وزنا عرفته الأرض . وقد اشتقت الديناصورات البرمائية ( زاوروبودا ) من ذوات الرجلين المبكرة من هذا القبيل . حيث تحولت الى آكلة أعشاب ، وأصبحت تسير على أربع ارجل بدلا من أن تقف على قدمين ونمت الى أحجام ضخمة مثل برونتوزاورس وديبلودوكس . ويبدو ان هذه الزواحف العظيمة قد قضت معظم حياتها في أهوار أو في مستنقعات توافرت فيها الأجزاء الخضراء اللينة وبلغت من ثقل وزنها ( وقد وصل وزن احدها حوالى ٥٠ طنا ) درجة لا يمكن معها لاطرافها القصيرة المتلئة ان تحملها بكفاية على اليابسة .

وهناك مجموعة أخرى رئيسية هي الأودنيشسكيا او الديناصورات شبيهة الطيور والتي يمكن مقارنة الأحزمة الردفية فيها ( وليس الصفات التشريحية الأخرى ) بأحزمة الطيور . وكما هي الحال في ابناء عمها من الديناصورات شبيهة الزواحف ، نجد أن الأفراد البدائية لهذه المجموعة كانت من ذوات الرجلين ، غير انه على النقيض من هذا الجذع الآخر للديناصورات فان كل النماذج شبيهة الطيور كانت اكلة عشب . واكثر ثنائيات الأرجل شيوعا من هذه المجموعة هو خلد الماء الاسترالي ( من الزواحف المائية ) الذي كان




شكل ٣٨ ــ شجرة عائلة بسيطة للزواحف السائدة ( عن رومر ــ قصة الفقاريات ــ مطابع جامعة شيكاغو ) .

موجودا بكثرة فى نهاية عصر الزواحف . وكما هى الحال فى الزاورسيكا نجد هنا فى الأورنيشسكيا تحولا الى وضع المشى على اربع . وكانت هناك فى الحقيقة ، ثلاثة أنواع واضحة من ذوات الأربع متكونة فى هذه الرتبة ، وكانت لها جميعا وسائل دفاعية ضد آكلات اللحوم الضخمة المعاصرة لها . وتمثل هذه الأنواع ببعض نماذج المتاحف المألوفة مثل الـ « ستيجوزاورس » التى يغطى عمودها الفقرى بصفائح وأشواك دفاعية ، والـ « انكيلوزاورس » وهــو منخفض ومفلطح ومغطى بدروع كثيرة على الظهر والذيل ، والديناصورات المقــرنة مثل الترايسيراتوبس الذى له قرون ، ثلاثة عادة ، و « كشكشة » عظمية كبيرة تحمى العنق .

وقد ازدهرت الديناصورات كثيرا فى العصر الجيوراسى والكريتاسى ، وحتى فى المراحل النهائية للعصر الأخير كانت موجودة فى أعداد وانواع كثيرة ثم اختفت نهائيا فى فترة قصيرة من الوقت . ولا يعرف تماما سبب هذه النهاية المفاجئة لعصر الزواحف وربما كانت الأحداث الجيولوجية مسئولة مسئولية أساسية عن ذلك . ولقد كان العصر الكريتاسى أحد عصور تكوين الجبال الذى بدأت فى أثنائه سلاسل كبيرة ممتدة ، مثل الجبال الصخرية الأمريكية ، فى الظهور من مساحة منبسطة سابقة . واختفت كثير من مساحات الأهوار والمستنقعات المنخفضة التى رعت الديناصورات على « خصوبتها » الخضراء . وكانت الأحوال الجوية متغيرة جذريا ، وظهرت أنواع جديدة من النباتات لم تستطع الديناصورات آكلة العشب بأسنانها غير الفعالة عموما أن تسايرها . ومع تضاؤل واختفاء آكلات العشب نتيجة لذلك تبعتها كذلك أبناء عمومتها من آكلات اللحوم ، والتى عاشت على افتراسها ، فى الاندثار .

وما زالت هناك مجموعة اخرى من الاركوزاوريا المندثرة هى رتبة الزواحف الطائرة أو الزواحف المجنحة ، وفيها نجد أن بالأطراف الأمامية أصبعا واحدة ( الرابعة ) عظيمة الاستطالة . ويمتد منها ، بطريقة تشبه ما فى الخفاش الى حد ما ، غشاء جناحى كبير . وكان يبدو أن مسك أى جناح من هذا النوع شىء ثقيل ؛ ومن المحتمل أن الطيران كان تحليقا أو تحويما أكثر منه رفرفة بالأجنحة ، وبالاضافة الى ذلك فانه بدون أى أصابع وسطى ممتدة فى الغشاء الجناحى لتقويته فان الخطورة تكون عظيمة من حدوث أى تمزق . وقد كانت الأطراف الخلفية للزواحف المجنحة ، على النقيض من الأطراف الخلفية للطيور ، تراكيب ضعيفة ، ومن الصعب أن نتخيل كيف كانت هذه المخلوقات تقف عليها ، حيث تقوم بجولة من العدو اقل بكثير مما يقوم به طائر من أى حجم . وغالبا ما كانت تحط بطريقة تشبه الخفاش . غير أنه من الصعب أن نتصور اية قفزة آمنة يمكن أن يقوم بها أحدهذه الزواحف المجنحة يمتدجناحاه الىمايقرب من سبع وعشرين قدما(كما يشاهد فى أحد نماذج العصر الكريتاسى ) . وعلى العموم ليس من الصعب أن نفهم لماذا اندثرت الزواحف المجنحة بمجرد تطور نماذج اكثر قدرة على الطيران هى الطيور .

والكائنات الموجودة الوحيدة فى الوقت الحاضر من الأركـوزاوريا هى التماسيح الأمريكية (الليجاتور) ،والتماسيح التىتحتوى رتبة التمساحيات. ورغم أن كثيرا من صفاتها التركيبية تشير الى نشأتها من اسلاف من ذوات الرجلين وانحدارها من مغمدة الاسنان ، فان التمساحيات ــ مثل كثير من أقاربها الديناصورات ــ قد عادت الى طبيعة السير على اربع ، واصبحت ــ بالاضافة الى ذلك ــ برمائية . وتنأى التمساحيات بتاريخ جنسها عن أصل شجرة عائلة الزواحف ، ومن الصعب اعتبار صفاتها التشريحيـة مميزة لجميع الزواحف ، وكما ينبغى أن نتوقع ، فان لها كثيرا من صفات الطيور التى كانت اسلافها أركوزاوريا من اقارب التماسيح .

## الطيـــور

لقد أطلق على الطيور بجدارة اسم « الزواحف المبجلة » أو « الزواحف المجدة » وقد تعودنا أن ندرسها فى طائفة منفصلة هى طائفة الطيور ، الا أنها فى كثير من الوجوه لا تبتعد كثيرا عن الجذع العام للزواحف بقدر ماتبتعد بعض الزواحف السائدة التى انحدرت منها . وفى هذه المجموعة ــ كما ذكرنا من قبل ــ كانت تتضمن سلسلة واحدة من النماذج الطائرة هى الزواحف المجنحة ، وليست الطيور منحدرة من الزواحف المجنحة ، ولكنها نوع آخر من الأركوزاوريا الطائرة يغطى فيه الريش ، الذى يميز الطائفة ، سطحى أجنحة الأطراف الصدرية المتحورة ، بدلا من الغشاء . وفى بعض النقاط ــ وبالأخص التكيف للمشى على رجلين ــ تشبه الطيور أقاربها الديناصورات. غير أن كل صفة تذكر من صفات الطيور هى تكيف لملاءمة الطيران . ويرتبط الاحتفاظ بدرجة حرارة عالية وثابتة للجسم والتحسن فى الجهاز الدورى، بالحاجة الى معدل عالٍ من الأيض لدعم عملية الطيران ، كذلك يرتبط تخفيف وزن الجسم بشتى الوسائل ( خاصة بتكوين الأكياس الهوائية والعظـام الجوفاء )بعملية الطيران ، وكذلك بعض التحورات فى المخ واعضاء الحس . ومن الضرورى أن الطيور فى أثناء تطورها قد اكتشفت منذ زمن بعيد كثيرا من قواعد علم الغازات وضغطها وحركتها مما تعلمه الانسان نتيجة لبحوث علمية كثيرة وخبرة طويلة صعبة ، وتعتبر « خبيرة » فى بناء الأجنحة وفى استخدام الرياح والتيارات الهوائية واكتساب المسافة والارتفاع . وبوجه

عام فان الطيور ذات النوع النشيط الخفقات من الطيران تميل الى ان يكون لها اجنحة صغيرة ، بينما الطيور التى تعتمد أساسا على التحليق والتحويم يكون لها أسطح جناحية كبيرة . وقليلا ما تكون الطيور القادرة على الطيران ( على النقيض من تلك التى تشبه النعامة وتعيش على الارض ) كبيرة الحجم ، وللمحافظة على قدرتها على الطيران يجب ان تزداد مساحة الأجنحة بصفة عامة لتتناسب مع الوزن ، ويحتاج الحجم الكبير للجسم الى اجنحة واسعة الامتداد بحيث يصعب مسكها .

وفيما عدا فى طيور الحقبة الوسطى ، نجد أن الأسنان مفقودة ، ويعول على المنقار لجمع الطعام ، ويلاحظ وجود اختلافات عديدة فى تركيب المنقار بأمثلة من التطرف مثل منقار الببغاء وعضو الحفر الفعال فى نقار الخشب . وفى الغالب كان طعام الطيور البدائية ذا طبيعة لينة ولم تكن الأسنان ضرورية . غير أن كثيرا من الطيور الحديثة آكلة حبوب . وتحتاج الثدييات، لهذا النوع من الطعام ، الى أسنان طاحنة عالية التكوين ، وقد تكون للطيور فى مقابل هذه الطواحن ، جهاز للطحن فى القانصة العضلية يحتوى على حبيبات رملية او حصى صغيرة الحجم .

ونرى فى الطيور طائفة من الفقاريات التى يمكن اعتبارها فى كثير من الوجوه على مستوى عال من البناء مثل الثدييات ، الا انها ( حتى مع التغاضى عن الاختلافات فى الحركة الهوائية ضد الحركة على الأرض ) مبنية بطريقة اخرى . ويمكن للتأكد تدريب الطيور الا أنها تبدو بوجه عام اقل قدرة نسبيا على التعلم بالخبرة ، من الثدييات . ومن جانب آخر فان لها تصرفات سلوكية غريزية معقدة غير معروفة فى الثدييات . والكثير من هذه التصرفات المرتبطة ( على سبيل المثال ) بالسلوك الاجتماعى والعاطفى وبناء عشها وتربية صغارها ، مألوف لأى انسان مغرم بالطيور . وللطيور دراية ملحوظة بالجغرافيا . وللطيور قدرة كبيرة على العودة الى بيوتها ، وتعتبر مقدرة طائر الزقزاق مثلا على الهجرة بنجاح من مناطق التندرا القطبية الى منطقة الكاكو فى امريكا الجنوبية غير مصحوبة بطيور اكبر سنا مارة بطريق معقد يبلغ آلاف الأميال ، عملا يقرب من ان يكون خرقا للطبيعة .

وقد اعطتنا الظروف السعيدة للحفظ معلومات عن ثلاثة هياكل لطائر من الاسلاف هو الأركيوبتيركس من رواسب اواخر العنصر الجيوراسى



شكل ٣٩ ـ استعادة للطائر البدائى « الاركيوبتيركس » له أسنان ومخالب فى اليد ، وذيل عظمى طويل وصفات اخرى من الزواحف . ( عن هيلمان ) .

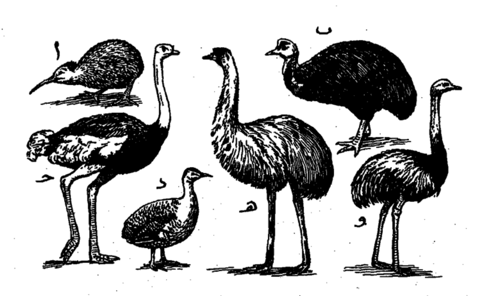
( شكل ٣٩ ) . ونجد فى هذا الطائر ان الاسنان كانت لا تزال موجودة ، وأن للجناح أصابع مخلبية ، كما بقى له ذيل طويل من نوع ذيل الزواحف ، وقد شق الأركيوبتيركس تقريبا الاختلافات فى التركيب الهيكلى بين الزواحف السائدة والطيور الحديثة لدرجة أن وضعه التصنيفى كاد يكون أمرا مشكوكا فيه ، لولا الاحتفاظ بآثار الريش مطبوعة مع الهياكل .

والطيور نادرة الوجود تقريبا فى سجل الحفريات ، ويرجع ذلك أساسا الى رقة هياكلها . غير أن هناك ادلة تشير الى تطور نماذج حديثة فى تركيبها قبل نهاية العصر الكريتاسى .

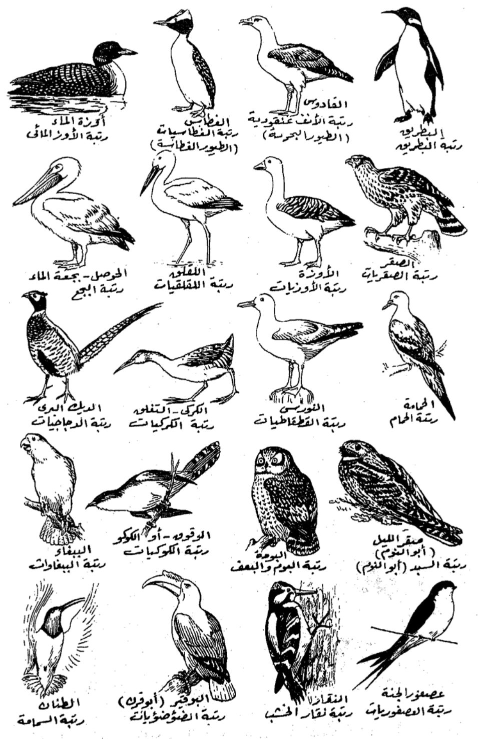
وبالرغم من أن كثيرا من علماء التصنيف يقسمون الطيور الى مجموعة كبيرة من الرتب فان معظم الاختلافات التركيبية بين هذه المجموعات صغيرة. الا أن هناك استثناء جزئيا واحدا لذلك ، حيث كان يعتقد أن هناك تمييزا بين مجموعتين حديثتين تمثلان مراحل بدائية ومتقدمة فى تطور الطيور . وقد امكن تعريف المجموعتين علميا بتفاصيل التركيب الحنكى والفكى ( التى لا نريد هنا ان ناخذها فى اعتبارنا ) ، والتى ادت الى تسمية « الطيور قديمة الفك » و « الطيور حديثة الفك » للتمييز بينهما . ومعظم الطيور

التى يألفها القارىء عادة ، وفى الحقيقة غالبية كل الطيور الحية ، تتبع المجموعة الأكثر رقيا . وتنتمى الى المجموعة الادنى ( شكل ٤٠ ، أ ، حـ ، هـ ، و ) النعامة ونماذج اخرى يطلق عليها بصفة عامة اسم « النعاميات » مثل « الكازوارى » و « الايمو » من أستراليا . والريا من برارى أمريكا الجنوبية وطيور « الموا » المنقرضة والكيوى الصغير من نيوزيلاند والطيور الضخمة المنقرضة فى مدغشقر .

ولغالبية الطيور حديثة الفك أجنحة متناهية الصغر وليست لها القدرة على الطيران ، وهى حقيقة ادت الى الاعتقاد انها تمثل مرحلة بدائية فى تطور الطيور لم تكن قد وصلت فيها الطيور الى القدرة على الطيران ، الا أن الدراسة التشريحية تشير الى عدم صحة هذا الاعتقاد ، والمحتمل أن النعاميات سلالات منقرضة انحدرت من انواع سبق لها القدرة على الطيران . ( وتدين باسمها الى صفة اختزال عظام الصدر التى تتصل بها عضلات الأجنحة ) ويوجد معظمها على جزر تعيش فيها بعض الأعداء البرية او فى قارات ( استراليا وأمريكا الجنوبية ) حيث ، كما يدلنا السجل الحفرى ، كان نفس الشيء صحيحا فى الوقت الذى نشأت فيه نعاميات نفس البلد .




شكل ٤٠ ــ الطيور الفكية القديمة ( متضمنة النعاميات ) . أ ــ الكيوى أو الابتيركس من نيوزيلاند ، ب ــ الايمو من استراليا ، جـ ــ التينامو من أمريكا الجنوبية ، هـ ــ الكازوارى من استراليا ، و ــ الريا من أمريكا الجنوبية .




شكل ٤١ ـ رسوم يدوية تخطيطية لأفراد ممثلة للرتب الكبيرة من الطيور فوق مستوى النعاميات . مبين معها الاسم النظامى أو الترتيبى والاسم الشائع للطائر الذى يمثلها فى كل حالة .

وبصرف النظر عن النعاميات فان غالبية الطيور ، كما ذكرنا آنفا ، متشابهة تقريبا فى الصفات التشريحية الأساسية مع اختلافات بين الرتب المختلفة ، ليست أقل من تلك المميزة للمجموعات الصغيرة ، التى يطلق عليها عائلات ، فى الثدييات . ولدارس العادات والأصوات وتوزيع الريش تقدم الطيور الشىء الكثير ، مع أنها تقدم القليل جدا لمن يهتمون بالتركيب التشريحى والوظيفى ، ولذلك يمكن باختصار اهمال مجموعات الطيور الباقية . ويبين شكل ٤١ رسوما تخطيطية لأمثلة من المجموعات الرئيسية للطيور خلاف النعاميات ، مصورة بترتيب الرتب كما وضعها علماء الطيور . واغلب الطيور تتبع الرتبة الأخيرة ( عصافير الجنة ) التى تتضمن الطيور المغردة . وكل هذه الطيور العالية التطور صغيرة الحجم ويمثل الغراب والغداف ( الغراب الأسود الكبير ) امثلة ضخمة للرتبة . وتوضع بعض رتب الطيور المائية وطيور المحيط عادة فى أول السلسلة رغم عدم وجود اقل الأدلة على انها حقيقة بدائية . وللبطريق هنا أهمية خاصة ، وهى طيور تعيش فى نصف الكرة الجنوبى ليست لها القدرة على الطيران رغم امتلاكها لأجنحة قوية تحولت الى زعانف للسباحة . ونجد هنا ، كما هى الحال فى النعاميات، أن عدم القدرة على الطيران يشك فى انه صفة بدائية ، ولكن الأكثر احتمالا أنها انحدرت من نماذج تعيش فى المحيطات تابعة للرتبة السابقة ( بروسيللاريفورمس ) التى ينتمى اليها ، ليس القادوس واقاربه فقط ، ولكن الطيور الغطاسة التى تستعمل ، كذلك ، الأجنحة للسباحة . ✻

## الثدييات

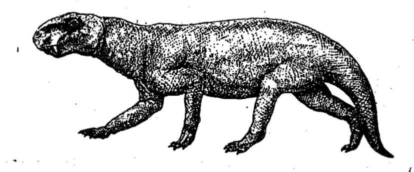
**الزواحف شبيهة الثدييات :** لقد انحدرت الثدييات من الزواحف ، غير أن السجل الحفرى يبين أن فرع الزواحف المؤدى اليها قد افترق عند قاعدة شجرة العائلة الخاصة بهذه الطائفة . وعلاقتها برتب الزواحف الموجودة طفيفة جدا .

واقدم الزواحف السابقة على الثدييات هى البليكوزاوريا ( شكل ٣٥، ب ص ٥٥ ) ، وهى مجموعة ازدهرت فى بداية العصر البرمى . وكانت فى اغلب صفاتها زواحف بدائية جدا ، غير أن بعض الصفات فى تركيب

---

✻ بالنسبة لأصحاب الذوق العلمى والادبى يمكننا ان نذكر أن البطريق الذى كتب عنه اناتول فرانس هو الصقر عند من يتحدثون الأنجليزية .

الجمجمة ( مثل وجود فتحة واحدة فى المنطقة الصدغية للجمجمة ) يشير الى انها تمثل مرحلة اولى فى التطور ناحية الثدييات . ويليهـا ــ فى أواخـر العصر البرمى وبداية العصر الترياسى ــ مجموعة اليثرابسيدا ؛ وهى نماذج متقدمة تشبه الثدييات كانت أكثر حيوانات ذلك الوقت شيوعا ( شكل٤٢). وكانت اليثرابسيدا المميزة آكلة لحوم ، وهى عداءة من ذوات الأربع تتميز ( مثل الثدييات التى انحدرت منها ) بأن المرفق والركبتين تتحرك للداخل فى اتجاه الجسم مما يساعد على دعم أفضل وسرعة اكبر ، هذا على النقيض من الوضع المنبسط للاطراف فى الحيوانات البرية البدائية . وفى الأفراد المتقدمة للمجموعة من العصر الترياسى تقرب كثير من صفات الجمجمة والفك والأسنان والأطراف الى حد كبير من نظامها فى الثدييات .



شكل ٤٢ ــ احد الزواحف شبيهة الثدييات ( ليكانوبس ) من العصر البرمى المتأخر بجنوب أفريقيا . ( عن كولبرت ) .

ويعتبر تطور الزواحف شبيهة الثدييات ظاهرة رئيسية فى التطـور المبكر للزواحف . غير انه فى العصر الترياسى اصبحت مجموعات اخرى من الزواحف مشهورة ، نذكر منها الديناصورات .

ويبدو أن اليثرابسيدا لم تتمكن الى حد كبير ، منافستها بنجـاح ، وسرعان ما تضاءلت واختفت نهائيا من المسرح . غير ان بعض اليثرابسيدا الصغيرة أمكنها أن تعيش ومنها انحدرت اقدم الثدييات التى يوجد منها بقايا قليلة فى رواسب أواخر الحقبة الوسطى . ونظرا لأنها عاشت عشرات الملايين من السنين معاصرة لملكة الديناصورات فان الاسلاف الصغيرة من الحقبـة الوسطى للثدييات يبدو أنها كانت غير ذات مغزى فى الحياة التى عاصرتها .

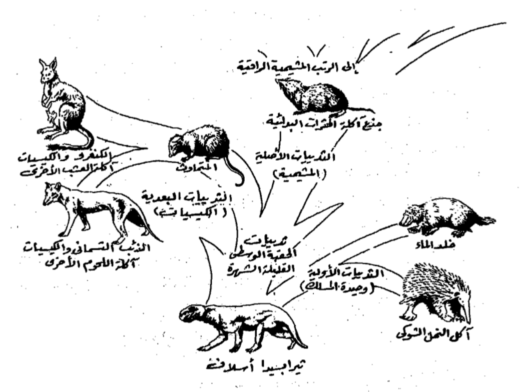
ويمكن اعتبار النشاط الادراكى أساسا لتقدم الثدييات . ولا يرتبط مع هذا النشاط الجهاز الحركى الفعال المميز للثـدييات فقط ، بل ايضا

يرتبط معه ( كما فى الطيور ) التقدم فى الجهاز الدورى ودرجة حرارة الجسم العالية ( التى يرتبط بها تكوين الشعر ) . ومن ناحية العمل والاقدام والبراعة فان اغبى الثدييات يعتبر خارق الذكاء بمقارنته مع اى من الزواحف. وتعتبر عادة حمل الصغار أحياء هي الصفة المميزة لكل النماذج فيما عدا البدائية جدا ، واستحداث عادة التربية والحضانة اللازمة لرعاية وتدريب الصغار، بدعة فى الثدييات نتج عنها اعطاء فترة طويلة لتكوين وتنقيح الميكانيكية العصبية الرقيقة وغيرها قبل انطلاق الصغار الى الحياة .

**الثدييات وحيدة المسلك :** تتضمن الثدييات وحيدة المسلك ، أو الثدييات الاولية ، خلد الماء وآكلات النمل الشوكية من منطقة استراليا فقط . وتختلف هذه عن الثدييات الاخرى لدرجة انه يعتقد انها لا بد وأن تكون قد تفرعت من اسلاف الافراد الاخرى للطائفة فى البداية المبكرة لتاريخ الثدييات ــ فى الواقع ، ومن المحتمل جدا إنها ظهرت مستقلة من اليثرابسيدا المتقدمة . ولهذه الحيوانات الغريبة كثير من الصفات الثديية المميزة ، الا انها تستبقى صفات بدائية ، حيث انها الوحيدة بين الثدييات التى ما زالت تضع بيضا له قشرة مثل أسلافها الزواحف . وخلد الماء حيوان نصف مائى له غشاء فى قدميه ومغطى بفراء ويتردد على الأنهار التى يجد فيها ما يحتاج اليه من مواد غذائية من القواقع والمحار . ويعيش آكل النمل ــ الذى يحميه من الأعداء غطاء من الشعر الشوكى ــ على النمل الابيض ، وتعطيه اقدامه القوية ذات المخالب قدرة ظاهرية على الحفر . ويبنى النوعان اعشاشا فى الجحور تربى فيها الصغار بعد فقسها . ويتخصص هذان النوعان فى صفات كثيرة لدرجة انه لا يمكن اعتبارهما فيما بينهما انواعا سلفية . ويعزى وجودهما فى استراليا فى الغالب الى انعزال هذه المنطقة ، ولسوء الحظ اننا لا نكاد نعرف شيئا عن تاريخهما . واكثر ما نعرفه من معلومات عن علاقات الثدييات المندثرة مبنى على صفات مميزة لنظام الاضراس ( سنناقشه فى فصل آخر ) ، ولسوء الحظ فان الثدييات وحيدة المسلك عديمة الأسنان ( فى طورها اليافع ) ، غير انها تمتلك بدلا منها مناقير قرنية مفلطحة تشبه منقار البط فى احد الانواع ، ورفيعة رقيقة فى الآخر .

**الثدييات الكيسية ( الكيسيات ) :** تدلنا الموجودات النادرة من أواخر العصر الكريتاسى على انه قد تطورت فى ذلك الوقت مجموعتان ، اكثر تقدما ، من

الثدييات هما : الكيسيات ، والثدييات المشيمية القديمة . وتدين الكيسيات أو الثدييات الكيسية ، التى تعرف علميا باسم الثدييات البعدية ، باسمها الشائع الى حقيقة انها بالرغم من أن صغارها تولد أحياء ، فان هذه الصغار تولد فى مرحلة صغيرة غير ناضجة ، حيث يوجد فى أنثى الثدييات الكيسية المثالية ، على بطنها ، كيس تحفظ فيه مولودها الصغير وتطعمه لمدة أخرى بعد ولادته . ويعتبر المتماوت الشائع نموذجا مميزا للمجموعة ، وهو من الثدييات البدائية فى كثير من الوجوه . وفى معظم مناطق العالم لم تستطع الكيسيات أن تنافس الثدييات الأكثر تقدما بنجاح ، وحتى المتماوت الشجاع فشل أن يعيش الا فى الأمريكتين ، وقد أثبتت أمريكا الجنوبية أنها مأوى لكثير من الكيسيات فى الأزمنة الثلاثية عندما كانت هذه القارة منعزلة لفترة طويلة ، فقد تكونت هناك تشكيلة من الكيسيات ، اندثرت كلها تقريبا عندما تأسس الاتصال البرزخى وغزت مجموعة من الثدييات الأكثر تقدما هذه القارة . وتعتبر استراليا المنطقة الوحيدة التى ازدهرت فيها الكيسيات . وتثبت الأدلة الجيولوجية أن هذه القارة الأخيرة انفصلت عن بقية أجزاء العالم فى نهاية العصر الكريتاسى وبقيت منعزلة منذ ذلك الحين . ويبدو أنه




شكل ٣٤ – شجرة عائلة تخطيطية تبين تطور وقرابة المجموعات الكبيرة من الثدييات .

لم يصل الى أستراليا اى ثدييات مشيمية فى وقت انفصالها ، والقليل وصل اليها منذ هذه الفترة . وهنــاك لم تجد الكيسيات اى منافســة فاتسعت وتنوعت لتسد كل ثغرة من الاماكن الملائمة التى شغلتها الثدييات المشيمية فى مناطق اخرى . ومن الاسلاف القدامى شبيهة المتماوت ، نشأت مباشرة النماذج الكيسية آكلة اللحوم مثل « القطط » الاسترالية و« عفريت تسمانيا » و « الذئب » الاسترالى ونماذج كيسية اخرى على نمط آكل النمل والخلد الموجودة فى القارات الاخرى . وقد اكتسب فرع آخر من الكيسيات الاسترالية أسنانا امامية ازميلية الشكل ، كما كون انواعا يمكن مقارنتها بالقوارض من الثدييات المشيمية . وتوجد انواع مختلفة تشبه السنجاب الاسترالى ، وحتى السنجاب الكيسى الطائر . ويمكن مقارنة الخفاش بالفئران الجبلية ومرموطات المناطق الاخرى . والدب الاسترالى او « الكوالا » من آكلات الاوراق التى تنتمى لهذه المجموعة . وقد فشلت الكيسيات فى محاكاة الثدييات المشيمية فى نقطة واحدة ، هى انه لم يكن هناك تكوين نماذج لهـا حوافر يمكن مقارنتها تركيبيا بالخيول والماشية والبقر الوحشى . غير أن الكنغر الذى يشبه الثدييات المشيمية ذات الحوافر ، فى انه سريع العـدو ويأكل الحشائش ويعيش فى السهول المنبسطة ، يوجد فى نفس المنـاطق الطبيعية .

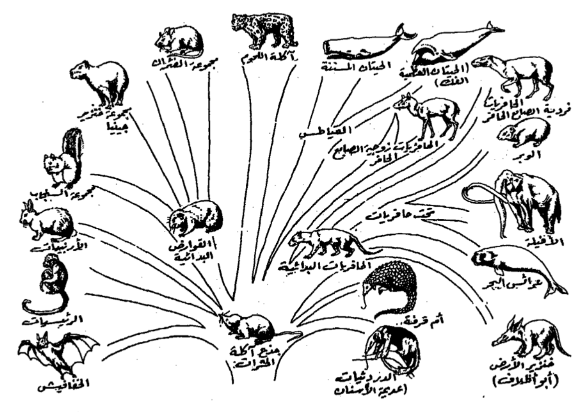
**الثدييات المشيمية :** تتضمن المجموعة المتقدمة الرئيسيـة من الثدييـات جمهور النماذج الحية التى يطلق عليها حقيقة اسم « الثدييات الحقيقية » ولكنها تسمى عادة الثدييات المشيمية . وترجع التسمية الاخيرة ، الى حقيقة وجود ــ على عكس غالبية الكيسيات ــ اتصال غذائى هو المشيمة ، بين الجنين والام ، ونتيجة لذلك يستطيع الجنين ان ينمو الى مرحلة اكثر تقدما قبـل ولادته . وقبيل اندثار الديناصورات كانت هذه الثدييات العالية التكوين موجودة فعلا وسرعان ما اتسع انتشارها بجمهور من الانواع واصل الكثير منها مسيرته حتى عصرنا الحديث . وفى بعض المجموعـات الاخـرى من الفقاريات نجد ان شجرة العائلة فى الحقيقة تشبه الشجرة حيث لها جذع رئيسى او على الاقل أطراف كبيرة متفرعة . غير ان شجرة الثدييات المشيمية يمكن مقارنتها بغابة كبيرة : ومن الصعب تجميع الرتب المختلفة فى مجموعات ، وتبدو فى الغالب وكأنها تفرعت بصورة مستقلة بعضها عن بعض فى العصور

المبكرة . ويمكننا ان نذكر بايجاز بعض المكونات الرئيسية لمجتمع المشيميات ( شكل ٤٤ ) .

ويظهر أن الثدييات المشيمية ـ او بالأحرى الثدييات المبكرة كلها ـ كانت حيوانات صغيرة شاردة وكانت آكلات لحوم كامنة ، غير انها كانت مضطرة الى أن تعيش ، بسبب حجمها ، على فرائس صغيرة مثل الحشرات والديدان وربما على بعض المواد النباتية اللينة . ونظرا للتهديد المستمر من الزواحف الكبيرة التى كانت تعاصرها فقد عاشت هذه الحيوانات الصغيرة، مضطرة ، حياة جبن وخفاء . وقد استمرت هذه المرحلة من عمر الثدييات ملايين كثيرة من السنوات قبل أن تندثر الديناصورات وتنطلق الثدييات . غير ان هذه الفترة لم تضع هباء كلية ، فقد كانت فترة ، كما يبدو ، تدريب واعداد حدث فى اثنائها تقدم فى التكوين الذهنى وعمليات التكاثر . ونتيجة لذلك فقد نشأت فى نهاية عصر الزواحف نماذج ليست فقط على مستوى الكيسيات ، ولكن ثدييات مشيمية على استعداد لتشمل سطح الكرة الأرضية .

وفى بداية الحقبة الحديثة كونت تشعبات كبيرة من الثدييات رتبا مختلفة بصورة سريعة . غير أن بعض النماذج القليلة بقيت لا تحيد كثيرا فى تركيبها وعاداتها عن اسلافها الصغيرة آكلة الحشرات ، وتكون هذه النماذج رتبة آكلة الحشرات . وتشبه جماعات الذباب الصغيرة ، فى عاداتها على الاقل ، اسلافها السحيقة ، وفى كثير من المناطق تكثر جماعات الزباب فى الغابات والمروج الا انها خجولة بطبيعتها لدرجة أنها لا ترى ابدا . ومن آكلة الحشرات المألوفة الأخرى القنفذ الشوكى الأوروبى والخلد ( الطوبين ) التى تستطيع بأطرافها الحفارة القوية أن تتعقب الديدان تحت الأرض .

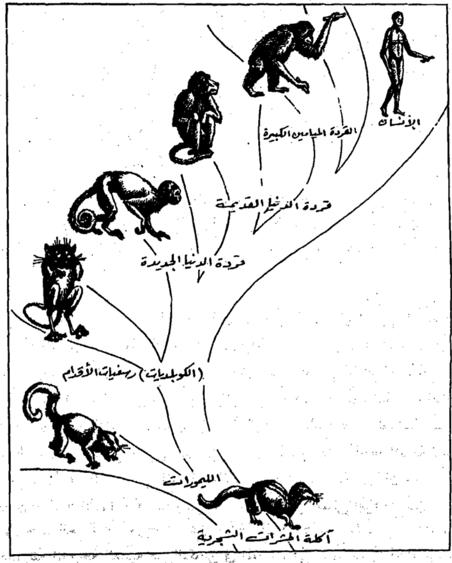
وقد تكونت من الأسلاف آكلة الحشرات ، مجموعة من الثدييات التى تمكنت من الطيران الحقيقى هى الخفافيش التى تكون رتبة الخفاشيات . ويختلف الجناح فى الخفاش عن مثيله فى الزواحف الطائرة والطيور فى أن غشاءه مقوى بأربع اصابع من الخمس . وقد بقيت معظم الخفافيش آكلة حشرات فى طبيعتها ، الا أن مجموعة واحدة كبيرة منها تكثر فى المناطق الاستوائية يحتوى على آكلات فاكهة كبيرة نسبيا .




شكل ٤٤ ــ شجرة عائلة تخطيطية لرتب الثدييات الاصلية ( المشيمية ) . وتعطى الرسوم التخطيطية المنفصلة ( فى الأشكال ٤٥ ــ ٤٨ ) التطـــور بالتفصيـــل فى الرئيسيـــات ، وآكلـــة اللحوم والحـــافريات وزوجيـــة الأصابع .

**الرئيسيات :** تعتبر هذه الرتبة ، التى تنتمى انفسنا اليها ، فرعا مبكرا من آكلات الحشرات ، وفى الواقع أن الارتباط بينهما وثيق ، لدرجـة أن من الصعب تحديد الى اى منهما تنتمى بعض الحفريات والنماذج الحية . ومن المعتقد أن الثدييات البدائية كانت الى حد ما شجرية المعيشة ، وقد تأكد هذا النوع من الحياة فى الرئيسيات المبكرة ، وكانت هذه المعيشة مسئولة ــ على ما يبدو ــ عن تكوين كثير من الصفات الهامة منها الخفة العامة للجسم والتنسيق ، والقدرة على التسلق بالتشبث بالأطراف والتى كان من نتيجتها تكون اعظم « الادوات » نفعا وهى اليد ، والتكوين العالى لقوة الابصار ، وهو مهم جدا للحياة الشجرية ( ويلازمه اختزال فى حاسة الشم ) . واهـم من هذا كله الدرجة العالية من التكوين فى المخ ، وهى صفة بارزة فى الرئيسيات الراقية ، التى تبدو مرتبطة ارتباطا وثيقا بالاحتياجات والفرص المتوافرة

فى الحياة على الأشجار . ويعتبر زباب الأشجار الموجود فى منطقة الملايو وثيق الصلة بالحد الفاصل بين آكلة الحشرات والرئيسيات ، لدرجة أنها كانت موضع نقاش وجدل ( شكل ٤٥ ) . والليمورات أدنى الرئيسيات المعروفة ، وهى ما زالت حتى وقتنا الحاضر ناجحة ومزدهرة فى انحاء مدغشقر ومتغيرة قليلا عن أسلاف الحقبة الحديثة المبكرة . وما زالت هذه النماذج رباعية الأقدام تعيش فوق الأشجار ، وهى كثيفة الفراء ضعيفة البصر نسبيا ، ويكون الأنف فيها خطما نموذجيا للثدييات . ويمثل « التارسيوس » وهو مخلوق غريب صغير من جزر الهند الشرقية ، خطوة تقدمية فى الوقت




شكل ٤٥ ــ شجرة عائلة مبسطة للرئيسيات ( عن رومر ــ قصة الفقاريات . مطابع جامعة شيكاغو ).

الحاضر . ويظهر النموذج الحى بعض التخصص فى بعض الصفات مثل استطالة منطقة الكعب ، وهى صفة تكيفية للقفز يدين لها باسمه . الا انه بالرغم من ان التارسيوس ما زال يشبه الليمور فى اوجه كثيرة ، فانه يبين تقدما فى بعض الصفات مثل قوة الابصار الممتازة واختزال الانف الى مجرد برعم او بثرة .

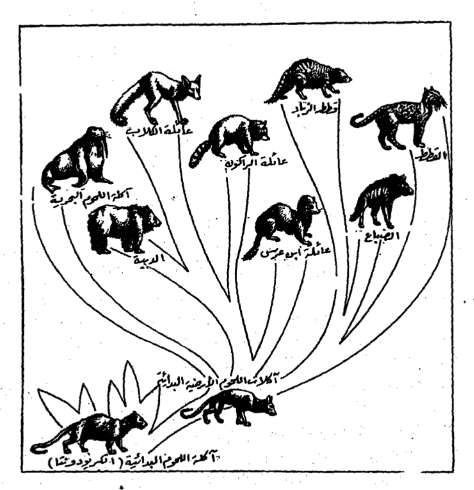
ويمثل المستوى العالى العام لتطور الرئيسيات بالقردة والميامين والانسان . وبالرغم من ان الانسان يفخر بنفسه بالادراك الذهنى فان الاختلافات التشريحية بين الافراد المختلفة للمجموعة قليلة وليست فى الغالب الا اختلافات نسبية بين التراكيب المختلفة او تكيفات بيئية واضحة ، مثل الصفات المميزة للانسان الخاصة بوضع الفقرات وتركيب الاطراف الخلفية المرتبط بالمشية العمودية . وفى كل هذه الرئيسيات العالية نجد أن النصفين الكرويين للمخ كبيران نسبيا ، وقوة الابصار عالية التكوين والأنف مختزل والأيدى اعضاء مفيدة للقبض . ويبدو ان مجموعتين مميزتين من القرود قد نشاتا مستقلتين من جذع يشبه التارسيوس . ويطلق على احداهما فطسية الانوف او « عريضة الانوف » وتوجد فى امريكا الجنوبية حيث تمثل بنماذج متنوعة مثل القرد طاحن الاعضاء ( القرد ابو قبعة ) والمرموز الصغير . ومن المصادفة ان لقردة امريكا الجنوبية فقط ذيلا قابضا ( ماسكا ) . والمجموعة الثانية من الرئيسيات العالية هى شم الأنوف او « متقاربة الانوف » التى تكونت فى الدنيا القديمة . ومن افرادها البدائية القردة المعروفة وبابون افريقيا وآسيا . ومن الافراد الاكثر تقدما القردة الكبيرة او الميامين بما فيها الجبون ، وانسان الغاب الوحشى ، والشمبانزى والغوريلا وكلها كبيرة الحجم نسبيا وكلها فقدت الذيل ، وفى المثلين الأخيرين نجد انهما قريبا الشبه بالانسان من الناحية التشريحية ، رغم ان كليهما ليسا من اسلاف الانسان . والجبون بهلوان خفيف الحركة يعيش فوق الاشجار ، وانسان الغاب يجيد التنقل بين الاشجار . الا ان التخصص فى الحياة الشجرية اقل ملاحظة فى الشمبانزى ، كما اصبحت بعض الغوريلات تعيش على الأرض معيشة كاملة تقريبا رغم انها تعيش كرباعية اقدام . والانسان فى حد ذاته يمثل قردا خامسا لهذه السلسلة الكبيرة من قردة الميمون الكبيرة ، الا انه اصبح من ذوات القدمين يعيش على الارض كما تطبع كثيرا فى تركيبه ببعض الصفات التى اكتسبها فى اثناء الفترة الطويلة التى قضاها اسلافه على الاشجار . ونحن لا نعرف تماما اصل سلالتنا ، الا ان حفريات الانسان القرد فى جنوب افريقيا ( انسان الجنوب الشبيه بالقرد او انسان جاوة ) تسد الفراغ من ناحية التركيب ، بين الانسان واقاربه من السيميا ( القردة والشمبانزى ) .

**آكلات اللحوم :** لقد كانت آكلات الحشرات آكلات لحوم كامنـــة ، وبتكوين ثدييات عديدة من الأنواع قليلة الضرر نشأت فى الحال من جذع المشيميات البدائية أنواع مفترسة مختلفة بدات تاريخ رتبة آكلة اللحوم ( شكل ٤٦ ) . وكانت بعض التجارب الأولى فى هـذا الموضـوع غير فعالة نسبيا وبطيئة وخرقاء ، وتبدو ضربا من الغباء ، غير أن أنواعا أكثر تقـدما تعتبر أسلافا لآكلة اللحوم المتأخرة ظهرت فى الحال . ويمكن تقسيم آكلات اللحوم الأرضية الحديثة الى مجموعتين كبيرتين تمثل الكلاب والقطط أمثلة معروفة منها ، وتمثل قبيلة ابن عرس ومجموعة قطط الزباد ، على الترتيب، أفرادا أكثر بدائية ، ويبدو أن ابن عروس وأوثق اقاربه وانسبائه ، وهى صغيرة لها أرجل قصيرة البناء وآكلة لحوم بطبيعتها ، تمثل أفرادا بدائية لمجموعة « الكلاب » عامة ( الآركتويدات ) . غير انه من بين عائلة ابن عرس تكونت سلسلة كبيرة من النماذج تختلف فى طباعها ووجبـة غذائهـا ــ هى الفرغور والظربان الأمريكى والقضاعة وحتى أفراد بحرية مثل كلب البحر الباسفيكى . وقد تطورت عائلة الكلاب الى أنواع أرضية تكيفت للعدو فى أثر فريستها ، وتمثل فى الوقت الحاضر بسلسلة من الـذئاب وابن آوى والثعالب ونماذج أخرى تشبه الكلاب . وللراكون صلة قرابة بجذع الكلاب، الا انه ما زال حيوانا شجريا يأكل كل شىء ( رمام ) ، كما أن هناك أقارب أمريكية عديدة وكذلك القط الدبى والقط الدبى الكبير فى آسيا من الأقارب. والدببة أفراد من مجموعة الكلاب العامة ابتعدت كثيرا عن حالات الأسلاف وقد تأرجحت هذه الحيوانات ( باستثناء الدب القطبى ) بعيدا عن طبيعة آكل اللحوم لتعتاد وجبة مختلطة ، الا انها أساسا من الأعشاب .

ويبدو ان قطط الزباد واقاربها من مجموعة القطط آكلة اللحوم تشغل مكانا بدائيا بمقارنتها بعائلة ابن عرس فى مجموعة الكلاب . وليست هذه النماذج المختلفة سوى نماذج من الغابات الاستوائية للدنيا القديمة التى لا يمكن أن يلم بها القارىء العادى ، غير أن النمس أو المنجـوس من الامثلة المـألوفة . وتعتبر الضباع غير الخلابة فرعا مفرط النمو من قطط الزباد التى اعتادت حياة الكسح ، كما تعتبر السنانير أعلى تخصص فى التكوين بين تحت مجموعة آكلة اللحوم . وتتكيف القطط لمطاردة فريستها والقيام بقفزات خفيفة وسريعة على ضحيتها بدلا من العدو خلفها كما تفعل الكلاب ، كما أن الأسنان متخصصة فى الوخز والقص ، وفى الطبيعة نلاحظ أن القطط بصفة عامة آكلات لحوم . وأغلب أنواع القطط الحية ، مثل الأسد والنمر والنمر الأرقط وما شابهها ، يشبه بعضها بعضـــا فى التركيب ؛ وكانت الأسنان السيفية المندثرة مشهورة بتكوين مبالغ فيه لأسنان الطعن والوخز ( راجع شكل ٢٢٠ ، أ ) .

وآخر آكلات اللحوم التى يجب ذكرها هى « لواحـم البحـرية » ، مختلف عجول البحر أو الفقم وهى آكلة اسماك ، والفظ او فيل البحـر القبيح الشكل ، بانيابها الحفارة واضراسـها الكليلة لسحق المحار الذى تتغذى عليه . ويبدو أن هذه قد نشأت من آكلات لحوم برية فى اواسط العصر الثلاثى ، وفى اللواحم البحرية ــ من بين التكيفات البيئية الأخرى ــ نجد ان الأطراف قد تحولت الى زعانف . وان الأطراف الخلفية ، المتجهة الى الخلف ، تحل محل الذيل المختزل ، كعضو للسباحة .

**الحافريات :** مما هو جدير بالذكر فى تاريخ العصر الجيولوجى الثلاثى ، تكوين مجموعات كبيرة من النماذج ، غالبا كبيرة الحجم نسبيا ، التى عاشت معيشة عشبية وكونت اسنانها اذ راسنا طاحنة جيدة لطحن المواد الغذائية



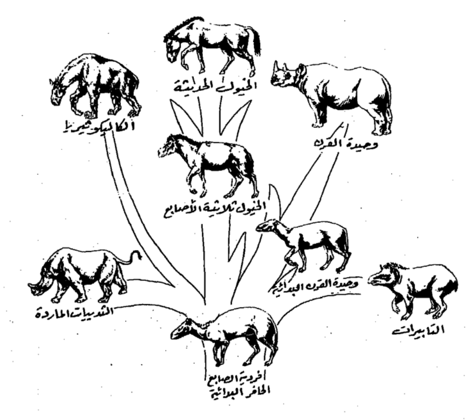

شكل ٤٦ ــ شجرة عائلة مبسطة لآكلة اللحوم ( عن رومر ــ قصة الفقاريات ــ مطابع جامعة شيكاغو ) .

النباتية . وقد اتجهت أكثر النماذج تقدما من هذا النوع الى أن تصبح أنواعا عداءة جيدة ، باستطالة الأطراف ، واضافة مفصل اضافى للأطراف باطالة عظام راحة اليد ومنطقة أخمص القدم ، فقد اتجهت الى السير على أطراف الأصابع التى اختزل عددها بوجه عام . أما المخالب التى تحملها الثدييات البدائية فقد حلت محلها حوافر بصفة عامة ، ومن هنا اطلق اسم حافريات على هذه المشتبيات .

على الرغم من أن الحافريات المختلفة قد كونت صفات كثيرة مشتركة ، فانه من البعيد عن المؤكد أن كل جذوع الحافريات نشأت من مصدر واحد ، ومن المؤكد أنه كان هناك تواز كبير فى تكوينها . والتعبير ، الذى كثيرا ما نراه مكتوبا ، أن للحافريات كذا وكذا من الصفات الوظيفية والتركيبية ، غير ذى قيمة ، الا اذا ذكر بالأخص اى نوع من الحافريات هو المقصود ؛ اذ ليس من المستحيل ان تكون البقرة اوثق قرابة للأسد كما هى الحصان .

وفى البداية المبكرة لعصر الثدييات ظهرت سريعا الى حيز الوجود جموع كبيرة من الحافريات المختلفة الا انها من الأنواع العتيقة واغلبها اختفى سريعا من الوجود ولا يهمنا ذكره هنا . أما الحافريات السائدة فى أواخر الحقبة الحديثة والوقت الحاضر فتنتمى الى رتبتين ظاهرتين تمثلان بالحصان والبقرة هما فردية الاصبع الحافر ، وزوجية الاصبع الحافر على الترتيب أو الحافريات فردية الأصابع وزوجية الأصابع .

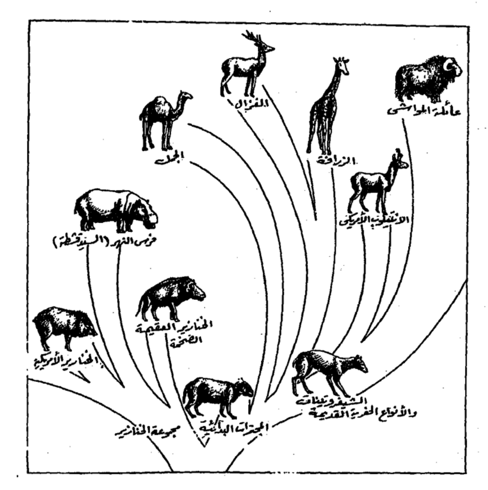
والصفة المميزة للحافريات فردية الأصابع ( شكل ٤٧ ) هى الاختزال المبكر لعدد الأصابع من خمس الى ثلاث ، وفى حالات الخيول المتأخرة يختزل العدد الى أصبع واحدة أو الحافة أحادية الأصبع الحافرة ( راجع الفصل ٧ ) . وبعض الأنواع البدائية ، مثل الأيوهيباس الصغير أو ( الهيراكوثيريوم ) الذى لم يكن فقط « أول الخيول » ، ولكن كان وثيق الصلة باسلاف الرتبة بأكملها ، قد وصل الى حالة ثلاثية الأصابع فى القدم الخلفية ولكنه فى الأمام فقد مجرد الابهام . ولقد كانت الحافريات فردية الأصابع المبكرة تتغذى بالغصون والأوراق الخضراء حيث تعيش على المواد الغذائية ، اللينة نسبيا ، الموجودة فى الغابات . وفى المجموعات المتقدمة من الخيول ، شغلت انواع أواسط العصر الثلاثى الأراضى الخضراء الممتدة وكونت أسنانا عالية الاكليل لتلائم وجبة غذائية من الحشائش والحبوب ، واختزلت الأصابع الى ثلاث فى كل قدم . وبزيادة التقارب من الجنس الحديث اكوس تكون نظام احادى الاصبع حيث أصبح الأوسط الوحيد المتبقى . وتابيرات المناطق الاستوائية بالدنيا القديمة والجديدة من آكلات الغصون والأوراق الخضراء التى بالرغم من انها أضخم ، الا انها انحرفت قليلا عن طريقة الحياة التى عاشتها




شكل ٤٧ ــ شجرة عائلة مبسطة للحافريات فردية الأصابع (البريسوداكتيلا).

الحافريات فردية الاصابع المبكرة . وأكثر تشعبا وتباعدا بين الحافريات فردية الأصابع المتدثرة كانت الثدييات الماردة المقرنة الخرقاء والكاليكوثيرات القبيحة الشكل التى جمعت بين جسم يشبه الحصان الى حد ما وأقدام مسلحة بمخالب قوية ( ربما تستخدم فى حفر الدرنات ) ؛ وكانت وحيدة القرن اكثر نجاحا ، بالرغم من كبر حجمها وبنائها الأخرق ؛ وكونت فى أثناء تاريخها أسلحة دفاعية تشبه القرون ، ورغم انها شاعت واتسع انتشارها فى وقت ما ، فهى ما زالت ممثلة بانواع قليلة فى المناطق الاستوائية للدنيا القديمة .

ولقد كانت الحافريات فردية الأصابع ناجحة فى الجزء المبكر من عصر الثدييات الا أنها اختزلت الآن الى انواع قليلة نسبيا من ثلاثة أصناف هى الخيول ، والتابيرات ، ووحيدة القرن . وعلى العكس من ذلك تماما كانت قصة رتبة الحافريات زوجية الأصابع ( شكل ٤٨ ) . ورغم ندرتها فى بداية العصر الثلاثى فان هذه الحافريات زوجية الأصابع قد ازدادت كثيرا بعد



شكل ٤٨ ـ شجرة عائلة مبسطة للحافريات زوجية الاصابع (الارتيوداكتيلا). يوجد انشقاق كبير فى مجموعة الخنازير ، التى ينتمى اليها فرس النهر ( السيد قشطة ) والخنازير العقيمة المندثرة ، والمجترات . ويلاحظ ان الشيفروتينات الصغيرة من افريقيا الاستوائية وجنوب آسيا وثيقة الصلة باسلاف الانواع المجترة المتقدمة . ( عن رومر ـ قصة الفقاريات ـ مطابع جامعة شيكاغو ) .

ذلك واصبحت واسعة الانتشار فى الوقت الحاضر . وقد بدا الاختزال فى هذه النماذج بفقد « ابهام اليد » و «الاصبع الكبيرة» مما ادى الى نظام رباعى الأصابع . ومن بين الاصابع الأربع اتجه الاصبعان الجانبيتان الى الاختزال أو الضياع تاركين الاصبعين الثالثة والرابعة لتكونا ما يسمى « بالحافر المشقوق أو الظلف » التى تتميز بها المجموعة . وتعتبر خنازير الدنيا القديمة واقاربها من الخنازير الامريكية للدنيا الجديدة انواعا بدائية نسبيا ، ومن طبيعتها انها تأكل كل شىء ( رمامة ) . ويعتبر فرس النهر ( السيد قشطة )

من ابناء العم البرمائية للخنازير وهو نباتى التغذية . وقد اصبحت الحافريات زوجية الأصابع الأكثر نجاحا آكلة عشب كاملة حيث كونت سلسلة من الأسنان الصدغية الطاحنة ذات الشرفات الهلالية المميزة (راجع الفصل ١١) واكتملت لها معدة عديدة الغرف ترتبط بعادة الاجترار ( راجع الفصل ١٢ ) للتعامل مع الأغذية النباتية . وتعتبر الجمال ، التى نشأت أصلا فى امريكا الشمالية ، وتعيش الآن فى الدنيا القديمة ( مثل اللاما ) فى امريكا الجنوبية مجترات بدائية نسبيا . واعظم الحافريات زوجية الأصابع تقدما هى البيكورا ؛ وهى حافريات خفيفة الحركة سريعة العدو لها معدات مجترة عالية التكوين ورءوسها مسلحة عموما ببعض أنواع من القرون او الابواق . ويعتبر الغزال والزرافة من آكلات الغصون والاوراق الخضراء البدائية نسبيا . والنماذج شبيهة الأبقار او « البقريات » اكثر وفرة ، وقد اصبح معظمها ( تمشيا مع الخيول ) آكلة حشائش تعيش فى السهول . اما الماشية والأغنام والماعز فهى بقريات مستأنسة معروفة ، حيث هناك جموع اخرى اكثرها من المناطق الاستوائية للدنيا القديمة ليس لدينا منها اسماء معينة معروفة ونميل الى جمعها تحت اسم ابقار وحشية أو « تياتل » . وفى النهاية يمكننا فى هذا المجتمع المجتر ان نذكر الوعول والظباء الشوكية الموجودة فى سهول غرب امريكا ، وهى تمثل مجموعة تعيش فى الدنيا الجديدة وتوازى التياتل الحقيقية .

**تحت الحافريات :** كثيرا ما نجمع تحت اسم الحافريات مجموعة من الرتب اكثر احتمالا انها نشأت فى افريقيا ، وربما كان من الأفضل اعتبارها فروعا شاذة من جذع حافريات بدائية . فالوبر الصغير من رتبة الوبريات ، وهى الأرانب الرومية ، او « اغنام بنى اسرائيل » فى الكتاب المقدس ، عبارة عن حيوان له حجم وطبائع الارنب . الا انه ، من المؤكد ، من الحافريات الظلفية الذى يرجع اصله الى السجلات الحفرية للعصر الثلاثى المبكر فى افريقيا . غير انها لم تتقدم ابدا من الناحية التركيبية الى اى درجة ولم يتعد وجودها مطلقا افريقيا ومنطقة شرقى البحر المتوسط . ومن الغريب — كما يبدو — أن هذه النماذج الصغيرة تظهر قرابة لمجموعتين اخريين متباعدتين هما : الفيلة ، وابقار البحر . وتمثل الخرطوميات ( التى يشتق اسمها من جذعها ) فى وقتنا الحاضر ، فقط بنوعين من الأفيال اصيلين لأفريقيا وجنوب آسيا . غير ان تاريخها كان طويلا ومتباينا . ويطلق على الأنواع القديمة اسم المستودونات . وقد كان اكثر النماذج المعروفة بدائية ، من العصر الايوسينى لمصر ، كبيرا جدا بالنسبة لوقته ، يبلغ فى حجمه الخنزير الكبير ، بأسنان امامية ازميلية الشكل ومجموعة جيدة من الطواحن فى الصدغين .

وقد ازدادت المستودونات المتأخرة زيادة سريعة فى الحجم وتكونت لها فكوك طويلة بأنياب قصيرة فى أعلى وأسفل . وقد اضمحلت الفكوك فى الطول بعد ذلك ، الا أن الأنياب العليا — تعويضا عن ذلك — اتجهت نحو الاستطالة، وأخيرا تكون نظام الرأس المميز ، بالانياب والخرطوم ، ، المشاهد فى الافيال الحديثة . وفى نفس الوقت ، ابتداء من أواسط العصور الثلاثية اتسع انتشار المستودونات فى أوراسيا ، .وأخيرا فى الأمريكتين ؛ ففى العصر الجليدى ، طافت بأنحاء القارات — فيما عدا أستراليا وامريكا الجنوبية — أنواع من الأفيال يطلق على معظمها اسم الأفيال الضخمة البائدة او « المموثات » . وفى نهاية العصر البليستوسينى اختفت كل الخرطوميات تقريبا . . ويرجع الاختزال المفاجىء لهذه الرتبة المزدهرة من الثدييات الى أسباب غامضة الا انه ليس أكثر غموضا من اندثار أنواع اخرى من الثدييات الضخمة فى نفس الوقت .

وترتيبنا لأبقار البحر — خراف البحر والأطوم ( ناقات البحر ) التابعة لرتبة عرائس البحر — مع الحافريات سيبدو ظاهريا سوء استخدام كبير للأسماء . وتعتبر هذه الحيوانات التى تتغذى بالغصون والأوراق الخضراء فى المياه الضحلة للمناطق الاستوائية بالمحيط الأطلنطى والمحيط الهندى ، وحوشا مائية تحولت أطرافها الأمامية الى مجاديف واختزلت اطرافها الخلفية الى بقايا مختفية ، كما أعيد بناء الذيل ليكون زعنفة افقية للسباحة. ورغم انها أصبحت الآن نادرة نسبيا فقد اتسع انتشارها فى انحاء العالم فى الجزء الأكبر من العصر الثلاثى . وتبين اقدم بقايا الحافريات ( واكثرها من العصر الأيوسينى لمصر ) عديدا من أوجه التشابه لاغنام بنى اسرائيل البدائية جدا والمستودونات ، وتضيف قوة للاعتقاد القائل بأن هذه المجموعات الثلاث من تحت الحافريات الغريبة سليلات مختلفة لسلف حافرى قديم مشترك عاش فى افريقيا فى فجر عصر الثدييات .

**الحيتان :** بالرغم من أن آكلة اللحوم وتحت الحافريات كونت أنواعا مائية ، فان أحدا من هذه الانواع لم يكن عالى التخصص للحياة فى البحار مثل الحيتان وخنازير البحر التى تشكل رتبة القياطس . وكما هى الحال فى عرائس البحر فقد تحولت الأرجل الأمامية الى زعانف ، واختفت الأرجل الخلفية كما أصبح الذيل عضوا عالى التكوين للسباحة له شعب افقية . وكالزواحف السمكية من بين الزواحف ، قد تتكون زعنفة ظهرية سمكية الشكل وتقصر منطقة العنق حيث يصبح الجسم مغزليا انسيابيا سمكى الشكل . كما تغيرت الجمجمة تغيرا غريبا حيث تحركت فتحات الانف

الخارجية الى أعلى لتصبح منفس خروج الهواء فى قمة الرأس . ولا تستطيع معظم الثدييات أن تعيش طويلا تحت الماء ، الا ان فسيولوجية الحيتان قد تحورت بحيث أصبح من الممكن لبعضها أن يبقى تحت الماء ما يقرب من ساعة . وأغلب أفراد الرتبة بما فيها خنازير البحر والدولفينات ومعظم الحيتان الضخمة نماذج لها أسنان تعيش على غذاء حيوانى من السمك والأخطبوط والحبار . غير أن أضخم « القياطس السامية » — وهى الحيتان عظمية الفك — البال — تعيش على أقل كمية من الغذاء من الكائنات البحرية الصغيرة التى تكون البلانكتون فى المحيط . والأسنان غائبة هنا ، وبدلا منها يتدلى من سقف الحلق صف بعد صف من صفائح رقيقة من البشرة القرنية هى عظم الفك أو البالين . وتقوم الأطراف المسننة لصفائح البالين بتصفية البلانكتون واستخلاصه من الماء حيث يقوم اللسان بلعق المحصول الناتج . وقد كانت اقدم الحيتان المعروفة من العصر الايوسينى ، انواعا مائية ، الا انها أقل تخصصا فى الجسم والجمجمة وتشير الى أنها انحدرت من أنواع بدائية هى آكلات اللحوم البرية .

**« عديمة الأسنان »** : تصل أفراد رتبة عديمة الأسنان الى الشذوذ المتطرف فى كثير من صفاتها ويرجع توزيعها وتاريخها إساسا الى أمريكا الجنوبية . ومن امثلتها الحية كسلان الاشجار ، وهو حيوان بارد بطىء الحركة يعيش على الأشجار ويأكل أوراقها ؛ وآكل النمل الطويل البوز ، والمدرعات وهى تأكل كل شيء ( رمامة ) ، ولها درع ظهرية حسنة التكوين ، بالاضافة الى نوعين مندثرين بلغا حجما كبيرا ، هما : الجليبتودونتا أو « محفورة الأسنان » وهى أقارب للمدرعات لها صدفة واقية على شكل القبة وذيل مدرع ، وكسلان الأرض الضخم . وآكل النمل فى الحقيقة عديم الأسنان الا أن الاسم النظامى غير صحيح بالنسبة للنماذج الأخرى ، التى تمتلك ، على الاقل ، مجموعة من الطواحن الصدغية الجيدة ( رغم أن الغطاء العاجى للاسنان مختزل ) . وقد تكونت هذه المجموعة فى أمريكا الجنوبية ولكن فى العصر الثلجى غزا كسلان الأرض ومحفورة الأسنان أمريكا الشمالية بنجاح محدود . غير أن المدرع فقط استطاع أن يعيش فى الشمال ، وتعتبر أسباب اندثار عديمة الأسنان الضخمة غامضة ، كما هى الحال فى الأفيال الضخمة البائدة او الموثات .

وسنذكر هنا نوعين قديمين من الثدييات التى كانت تضم فى الماضى مع عديمة الأسنان بأمريكا الجنوبية فى مجموعة واحدة ، الا أنهما معترف بهما الآن بكل وضوح وتمييز . وخنزير الأرض (أبوأظلاف) أو « أوريكتيروبس »

وهو عبارة عن حيوان افريقى طويل البوز قبيح الشكل ، و « ام قرفة » الرفيع البوز أو ( مانيس ) الموجود فى المناطق الاستوائية بالدنيا القديمة ، ينفردان بين الثدييات فى ان كليهما مغطى تماما بقشور قرنية متراكبة تعطيهما بعض الشىء مظهر مخروط الصنوبر الحى . وكلاهما يعيش على اقتحام اعشاش النمل الابيض ومسلح بمخالب قوية ، ويستبقى خنزير الارض يضع اسنان صدغية وترية الشكل ، اما حيوان « ام قرفة » فقد فقد ، كنظيره آكل النمل بجنوب امريكا ، اسنانه العديمة الفائدة مع هذه الطريقة من المعيشة . وليست لأى من الحيوانين صلات وثيقة بأية مجموعة اخرى ، وهناك اشتباه فى ان تكون لخنزير الارض صلة بعيدة ( رغم صفاته المميزة ) بالحافريات القديمة ، كما لا يوجد اى دليل على اسلاف « أم قرفة » .

**القوارض :** من انجح الثدييات كلها من ناحية عدد الأجناس والانواع واعداد الافراد الحيوانات القارضة أو رتبة « القوارض » . وتتركز الصفة المميزة لهذه المجموعة فى تكوين زوج كبير من الأسنان الإمامية فى كل من الفكين العلوى والسفلى لجهاز قارض فعال ازميلى الشكل . ولم تكون القوارض ابدا ( والحمد لله ) اية نماذج طيارة او انواع بحرية ، الا انها اكثر المجموعات ازدهارا فى كل بيئة ارضية معروفة . وقد انتشرت القوارض فى نماذج كثيرة متنوعة يصعب تصنيفها فى مجموعات كبيرة ، غير ان هناك ثلاثة اسراب من النماذج تظهر اكثر ضوحا . ( ١ ) مجموعة صغيرة نسبيا ولو انها مالوفة هى مجموعة السنجاب وكلاب البرارى والمرموطات ( فئران الجبل ) واقاربها بما فيها ، كما يعتقد البعض ، القندس ( كلب الماء ) ، ( ٢ ) يمثل خنزير غينيا مجموعة كبيرة تتضمن اغلب قوارض امريكا الجنوبية . ويبدو ان القنفذ الشوكى الكبير فى امريكا الشمالية نشأ اصلا فى امريكا الجنوبية ، كما ان القنفذ الأوراسى وبعض قوارض الدنيا القديمة الأخرى تنسب عادة الى هذه المجموعة ، غير أن الراى الشائع يميل الى الاعتقاد بان اوجه الشبه ترجع الى التوازى والمطابقة . ( ٣ ) واكثر القوارض ازدهارا هى الجرذان والفئران الواسعة الانتشار فى كل مكان ، والدليل على تغلبها هو انها تتضمن المشيميات الأرضية الوحيدة التى استطاعت ان تصل الى استراليا قبل الانسان .

**الأرنبيات :** رتبة الارنبيات رتبة صغيرة تتضمن تقريبا كل الأرانب البرية والأرانب . وقد صنفت فى وقت ما مع القوارض لانها ، كما فى تلك المجموعة ، لها اسنان امامية ازميلية الشكل ، غير انه لا يوجد اى تشابه

آخر ، فضلا عن أن للأرنبيات زوجين من القواطع العليا بدلا من واحد . وقد عرف الدارسون للثدييات الحديثة والحفريات ، منذ عشرات السنين ، عدم وجود أى صلة ، الا انه بالرغم من ذلك توجد دائما فرص متكررة يصف فيها علماء بيولوجيون يجهلون عالم الحيوان تراكيب أو وظائف موجودة فى الأرانب البرية كصفات مميزة للقوارض .

لقد رأينا فى تخطيطنا ومسحنا المختصر لعالم الفقاريات ظهور مجموعات كثيرة الى حيز الوجود ، تبعها ميل للاندثار أو الى نقطة بقيت منها انواع طفيفة فى الوقت الحاضر اما شاذة او متداعية . ويقع النجاح الكبير عموما فى الأسماك العظمية ، والطيور والثدييات المشيمية . وفى المستقبل يمكننا فقط أن نخمن . ولكن ، بصرف النظر عن أى أضرار أو تلفيات يمكن أن يحدثها الانسان فى القوى ، فانه من المحتمل أن الأسماك العظمية المتقدمة تسود البحار زمنا طويلا ، وتسود الطيور الهواء والمشيميات سطح الأرض . أى الثدييات ؟ نتصور انفسنا . غير انه فى لحظات الواقع التشاؤمية يمكن لنا أن نعتبر أن القوارض القوية ، الخصبة المتقلبة ، قد ترث الأرض .

الفصل الرابع

# الخــلايا والأنسجة

كثيرا ما تتناول الدراسات التشريحية والفسيولوجيــة على جسم الحيوان الفقارى تراكيب بينة كالأعضاء والأجهزة . ولا بد أن نأخذ فى الاعتبار أن هذه التراكيب المختلفة تتكون من أنسجة ، تتركب بدورها من خلايا . فالخلية اذن هى الوحدة الأساسية الحية اللازمة لبناء الجسم المتكامل ، ولذا كانت دراسة الخلية والأنسجة اساسية فى علم البيولوجيا ، ولســـوف نستعرض باختصار ، هذه التراكيب الشائعة كتمهيد لفهم التراكيب الأكثر تعقيدا فى الجسم ، والتى سنتناولها بدقة فى هذا الكتاب ، وتعتمد وظائف الأعضاء المختلفة فى الجسم أساسا على نشاط الخلايا التى تتركب منها تلك الأعضاء . ويمكن القول بأن الأجهزة المختلفة فى الجسم تعمل جميعا بطريقة مباشرة أو غير مباشرة على أمداد هذه الخلايا بالمــواد الأساســية اللازمة لاستمرار عملياتها الحيوية ، وكذلك على تهيئة الجو المناسب الذى تعمــل فيه . ولكل خلية طريقتها الخاصة فى الحياة ، ولكنها تعتمــــد على باقى الخلايا والأنسجة لتستمر هذه الحياة ، كما انها تسهم فى بناء الجســم كوحدة متماسكة .

**المواد الكيمائية :** معظم التراكيب المختلفة فى جسم الحيوان الفقارى والوظائف التى تؤديها لها علاقة مباشرة أو غير مباشرة بجميع المواد الكيمائية وتحويلها ونقلها لكل خلية كى تكون مادتها الأساسية ( أو برتوبلازمها ) ، ومن ثم تساعدها على القيام بدورها الفعال فى المنــاشط المختلفــة فى الجسم . وللتخلص من المواد الزائدة الاخراجية نتيجة عمليات الأيض . لذلك كان لزاما علينا أن نشير ، باختصار ، الى التركيب العام لهذة المواد الكيمائيــة الفعالة ، التى تختص بالعمليات الحيوية فى هذه الخلايا .

**المــاء :** من اهم المكونات الأساسية فى الخلية ، ويقدر بحوالى ثلاثة أرباع المحتوى الكلى لها ، وهو مذيب عام لمعظــم المواد ، ويعمل كوسيط لنقلها ولاتمام التفاعلات الكيمائية المختلفة ، كما أنه يدخل أيضا فى هــذه التفاعلات أو يتكون نتيجة لعمليات الأيض التى تتم داخل الخلايا . ويحتوى الجزء المائى للبروتوبلازم على أيونات مختلفة لأملاح غير عضوية ، مشابهــة

فى معظم الاحوال ، لتلك التى توجد خارج الخلايا فى سوائل الجسم .
وتشمل ايونات : الصوديوم ، والكلور ، والكالسيوم ، والفوسفات ،
والبوتاسيوم ، والكبريتات .

والمركبات العضوية من أهم المكونات البارزة فى الخلية ، وهذه قادرة على التحول من مركب الى آخر ، كما يتم تخليقها ايضا داخل الخليـة . ويحصل الحيوان على المركبات العضوية من مصادر نباتية ، تصنع فيهـا باستخدام الطاقة الشمسية من ثانى اكسيد الكربون والمـاء وامـلاح النترات . ومن اهم صفات هذه المركبات انها تحتوى على نسب مختلفـة من ذات عنصر الكربون مرتبة فى حلقات أو سلاسل من الجزيئـات ، كمـا تحتوى هذه المركبات على عناصر الإكسجين والايدروجين بكميـات وفيرة والنتروجين بكميات قليلة . اما الكبريت والفوسفور وكذلك العنـاصر النادرة فموجودة بكميات ضئيلة فى هذه المركبات .

وابسط المركبات العضوية هى الكربوايدراتات ، التى تتكون جزيئاتها من اتحاد ذرات الكربون والايدروجين والاكسجين ، والأخيران موجودان بنسبتيهما فى الماء ، غالبا على هيئة مجموعة يد-أو-ايد متصلة بهياكل حلقية من ذرات الكربون والاكسجـين . وابسط هـذه المركبـات فى الحيـوان هى السيكريات ، ومنها الجلوكوز ، التى قد تتحد فى سلاســل طويلة مكونة النشاء الحيوانى ، او الجليكوجين . والجلوكوز متوافر فى الخلايا الحيوانية ، غير انه لا يمثل جزءا مكملا للمواد الحيوية فى الخلية ، ويستخدم كوقود لتوليد الطاقة اللازمة للعمليات الحيوية فى الجسم وينتج عن احتراقه – فى وجـود الاكسجين – ثانى اكسيد الكربون والمـاء والطاقة .

والمجموعة الثانية من المركبات العضوية هى الليبدات او المواد « شبيهة الدهون » ومن اشهرها الدهون الحقيقية فى الجسم ، ولهذه المواد تركيب موحد ، مكون من سلسلة طويلة من ذرات الكربون يتصل بكل منها زوج من ذرات الايدروجين . وتتركب الدهون من ثلاث من هذه السلاسل مرتبطة بعضها ببعض بجزئين من الجلسرين . وهى مثل الكربوايدراتات تستخـدم كمخزن للوقود ، وبعضها يلعب دورا هاما فى انسجة الجسم . اما الدهون المفسفرة « الفوسفوليبدات » فمختلفة فى تركيبها ، إذ يتصل بجزئ الجلسرين حمضان دهنيان وحمض الفوسفوريك الذى ترتبط به من الناحية الأخرى قاعدة ازوتية . ومع الليبدات تصنف مواد اخرى ذات اهمية حيوية كبرى

فى الجسم ، وتعرف هذه المواد بالستيرويدات ، وهى جزيئات بسيطة التركيب تتكون من ذرات ايدروجين مرتبطة بحلقات من الكربون . وتشمل هذه المواد مادة الكوليسترول الهامة فى جسم الفقاريات ، وكذلك بعض مجموعات من الهرمونات ، سيأتى ذكرها فى الفصل السابع عشر من هذا الكتاب .

غير أن البروتينات من أهم المركبات العضوية فى جسم الحيوان . ولا غنى لأية خلية عنها . وتختلف البروتينات اختلافا جوهريا فى تركيبها الجزئى عن الكربوايدراتات والليبدات ، وذلك نظرا لوجود عنصر النتروجين فيها . وهى تتكون من جزيئات كبيرة وضخمة تتركب اساسا من مركبات كيماوية بسيطة تعرف بالأحماض الأمينية . وعلى الرغم من أن هذه الأحماض محدودة العدد فى الطبيعة ، الا أن الجسم يمكن أن يبنى منها مركبات بروتينية كثيرة جدا ، تتكون من سلاسل أو « شبكات » لا نهاية لها . وسلسلة البوليبدات الطويلة أحد الأمثلة المعروفة التى تتركب من وحدات عديدة من الأحماض الأمينية المترابطة . والأنزيمات مجموعة خاصة من البروتينات ، وهى عوامل مساعدة وهامة تسرع من التفاعلات الكيماوية التى تحدث بين المركبات العضوية . والانزيمات بروتينات تتصل بها مركبات اضافية تكون فى مجموعها الجزء الفعال فى عملها .

والأحماض النووية مجموعة خاصة من المركبات العضوية الهامة التى تحتوى على نتروجين ، وهى تتكون من وحدات نيكليوتيدية . والنيكليوتيد يتكون من حمض الفوسفوريك وسكر ( ريبوز أو ديزوكسيريبوز ) متحدة مع قاعدة بها نتروجين . وتقوم النيكليوتيدات البسيطة بوظائف هامة فى الخلية . فعند تكسير مركب أدينوزين ثلاثى الفوسفات ( أ ت ب ) تكسيرا جزئيا يصبح مصدرا هاما للطاقة وخاصة فى العضلات . وقد أصبح الآن واضحا أن الأحماض النووية التى تتكون من هيكل مزدوج طويل من نيكليوتيدات متتالية ـ تلعب دورا هاما فى الحياة . فحمض ( د . ن . أ . ) موجود فى صبغيات كروموسومات النواة وله القدرة على مضاعفة نفسه ، وعلى توجيه مناشط الأيض المختلفة فى الخلية ، ويكون الجينات التى تهم المشتغلين بعلم الوراثة . اما حمض ( د . ن . أ ) فتحمل جزيئاته الاشارات

«والتعليمات»التى يرسلها حمض ( د . ن . أ ) من النواة الى السيتوبلازم لتكوين البروتينات والأنزيمات الخاصة فى الخلية .

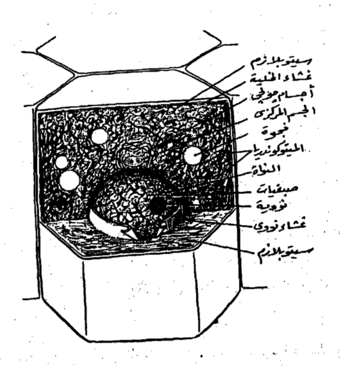
والفيتامينات مركبات عضوية خاصة تلعب دورا هاما فى الخلية . وهى لا تكون مجموعة واحدة من المركبات ، ولكنها مركبات يحتاج اليها الجسم من مصادر مختلفة ، حيث لا يستطيع بناؤها بنفسه . وترجع معرفتنا بالفيتامينات الى دراسة نقص التغذية فى الانسان ، غير أن أهميتها لا تقتصر الآن على الأنسان وحده ، ولكنها تمتد الى جميع الكائنات الحية الدقيقة والفقاريات .

وقد نتساءل الآن عن المواد التى تحتاج اليها الخلايا لتكوين المركبات الأساسية فيها لضمان استمرار نشاطها الكيماوى والحيوى فى اثناء حياتها . من الواضح أن الأكسجين عامل هام ومطلوب باستمرار كمصدر للطاقة ، ولا بد من توافر الماء عند الحاجة اليه . والأيونات غير العضوية مطلوبة كذلك للحفاظ على توازن الأملاح فى سوائل الخلية . وأيونات الفوسفور والكبريت ، وبالأخص ، تلعب دورا هاما فى بناء المركبات العضوية فى الخلية . والجلوكوز والدهون مواد هامة أيضا فى عمليات التخزين ؛ والأحماض الأمينية ضرورية كوحدات بنائية لتكوين البروتين وتخليق الأنزيمات والفيتامينات هى الأخرى ضرورية لخلايا الجسم .

وتعود نواتج ايض المواد المختلفة أو مخلفاتها من الخلايا الى السوائل المحيطة بها ، ومنها الى الدم . حتى يمكن اخراجها والتخلص منها خارج الجسم . وعند اكسدة الكربوايدراتات اكسدة كاملة ، يخرج غاز ثانى اكسيد الكربون والماء . ومن اصعب عمليات الاخراج من نواتج أيض البروتينات والمركبات الأخرى التى تحتوى على نتروجين او كبريت وفوسفور وحمض بوليك ، لتفادى أثرها السام فى الانسجة . والكبريت يترك الخلية على هيئة كبريتات والفوسفور يخرج فى صورة فوسفات حيث يكون كذلك فى الخلية .

**تركيب الخلية :** تركيب الخلية النموذجية معروف منذ وقت طويل ( شكل ٤٩ ) من خلال الدراسات الهستولوجية التى تستخدم الميكروسكوب الضوئى ، غير ان استخدام الميكروسكوب الالكترونى حديثا قد اظهر تفاصيل كثيرة ومثيرة عن التركيب الدقيق للخلية

فالنـواة التى تقع فى وسط الخلية تحتـوى على الـكروموسومات ( الصبغيات ) التى تحمل الصفات الوراثية فى الجينات ( وقد ترى أزواج فى بعض المراحل ) ، وقد أكدت الدراسات الحديثة أن حمض د.ن. ا الذى يوجد فى الكروموسومات ( الصبغيات ) له القدرة على توجيه كل المناشط المختلفة فى الخلية . ويوجد فى النواة حمض ر . ن . أ . على هيئة كتـل متماسكة **تعرف بالنووية** وتنفصل النواة عن بقية البروتوبلازم بواسطـة غشاء مميز يختفى فى أثناء عملية الانقسام . والخلية محاطة من الخـارج بغشاء محدد له القدرة على تنظيم مسار المواد الداخلة الى الخلية او الخارجة منها ، الى حد معين ، ويتركب غشاء الخلية من طبقات قليلة من البروتين والليبدات . ويطلق اسم البروتوبلازم على كل المواد داخل الخليـة . اما السيتوبلازم فهو يطلق على محتويات الخلية ما عدا النواة ، وتقع بالقرب من النواة حبيبات صغيرة تكون الجسم المركزى الذى يلعب دورا هاما فى انقسام الخلية ، والميتوكوندريا (الأجسام السبحية)تراكيب او عصيات صغيرة،وبظهر




شكل ٤٩ — رسم تخطيطى لخلية حيوانية . ( عن فيلى وووكر وسمث ، علم الحيوان العام )

الميكروسكوب الألكترونى تفاصيل دقيقة لهذه الأجسام ، حيث تبدو شبه مستديرة بها حواجز عرضية داخلية . وتعتبر الميتوكوندريا من اهم المراكز فى الخلية التى تتم فيها معظم التفاعلات الكيماوية النشطة التى تمدها بالطاقة اللازمة ، ففيها تتم أكسدة السكر والأحماض الدهنية الى مركب ادينوزين ثلاثى الفوسفات ( أ ت ب ) . وهناك ايضا جهاز جولجى الذى تظهره صبغات خاصة فى كثير من الخلايا ، ويتكون من مجموعات من الحويصلات الصغيرة لها دور هام فى الافراز .

ولقد كان مفهوما منذ وقت طويل ان السيتوبلازم محلول غروى يتكون من مواد عضوية فى سائل مائى ، الا ان الميكروسكوب الالكترونى اظهر انه يتركب من شبكة دقيقة من الأغشية المزدوجة تنتشر بداخلها حويصلات من مواد سائلة ، وتقع على طولها حبيبات صغيرة تعرف بالريبوسومات ، التى تعتبر مراكز تكوين البروتين فى وجود حمض د . ن . أ .

**الوسط الخلوى او السائل بين الخلوى :**

يهيىء الكائن الحى وسطا طبيعيا وكيماويا ، مناسبا وثابتا تعيش فيه خلاياه . وعلى الرغم من وجود تفاوت واضح فى درجات الحرارة القصوى التى يتحملها الحيوان نفسه ، فان درجة الحرارة التى تتعرض لها خلايا الجسم تكون عادة ثابتة او محدودة . فالخلايا تعيش فى درجات حرارة اقل من ٤٥° فى كثير من الفقاريات العليا ، لكنها تموت اذا ما زادت الحرارة عن هذه الدرجة ، وينتج ذلك عن تجلط البروتين . وتكون درجات الحرارة القصوى عادة منخفضة فى الفقاريات الدنيا . أما « نقطة التجمد » فهى قريبة جدا من الحد المنخفض لدرجات الحرارة فى كثير من الفقاريات باستثناء بعض الحالات .

وتستطيع الخلية ان تعيش او تتجنب الجفاف اذا ما وجدت فى وسط مائى ، مثل السائل بين الخلوى المنتشر فى الجسم . والماء وحده ليس كافيا لحياتها ، ولكن السائل يحتوى على مواد ذائبة فيه ، والا تدخل عامل الضغط الأوزموزى وتنفجر الخلايا وتموت . وتنمو الخلايا اذا كان

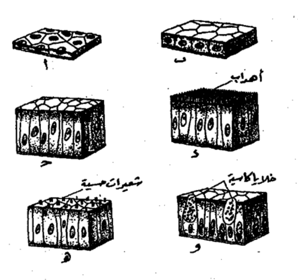
السائل محتويا على أملاح غير عضوية بنفس نسبتها الموجودة فى السائل بين الخلوى الطبيعى فى الجسم ، و يحتوى هذا السائل على كميات مناسبة من أيونات الصوديوم والكلور . وكميات قليلة من البوتاسيوم والكالسيوم والماغنسيوم . وكميات اقل من العناصر الهامة الأخرى . ومن الغريب أن المواد التى تكون فى هذا السائل ، باستثناء بعض الحالات ( التى تحتوى على نسبة قليلة من الماغنسيوم أو لا توجد بها أملاح كبريتات ) ، تشابه فى نسبتها المواد الموجودة فى ماء البحر ، الا أنها مخففة كثيرا ، ولذلك علاقة وثيقة بالتطور ، فأسلاف الفقاريات كانت حيوانات بسيطة تعيش فى مياه الأحقاب القديمة ، وقد لاءمت فسيولوجية خلايا هذه الحيوانات المعيشة فى المياه . ولما نشأت الحيوانات الأكثر تعقيدا كونت لنفسها سائلا بين خلوى يشبه فى تركيبه الوسط المائى الملحى الذى كانت تعيش فيه هذه الأسلاف .

ويتصل السائل بين الخلوى بالدم من جهة ، وبداخل الخلايا من جهة اخرى ، وذلك عن طريق أغشية نصف منفذة ، لها تركيب عضوى خاص يسمح بدخول الماء والجزيئات الصغيرة والأيونات الذائبة ، ويقف حاجزا امام التبادل الحر للجزيئات الكبيرة . وعامل الضغط الأوزموزى مهم جدا فى كثير من تراكيب الجسم الفقارى ، ويلعب دورا كبيرا بالنسبة لتبادل الأملاح الذائبة بين الخلايا والسائل بين الخلوى وتيار الدم .

**الأنسجة الطلائية : ( شكل ٥٠ )**

ليست الخلايا وحدات منعزلة فى الجسم ولكنها تكون فيما بينها انسجة مختلفة . والنسيج مجموعة من خلايا متشابهة فى الشكل وغالبا فى الوظيفة، لان بعض الأنسجة ، مثل النسيج الضام ، تنتشر الخلايا ولا تتماسك بعضها ببعض ، والدم مثال واضح تسبح فيه الخلايا فى سائل من الصعب أن نتصوره نسيجا ، غير أن هناك انسجة تتجمع فيها الخلايا وتتماسك بعضها ببعض كالأنسجة الطلائية . والنسيج الطلائى يتركب من طبقة او طبقات — من الخلايا المنتظمة المتراصة لتكون صفيحة تغطى سطح الجسم وتحيط بالتجاويف الداخلية . وفى الجنين تكون معظم الانسجة الطلائية بسيطة فى تركيبها ومظهرها ، غير انها تتحور وتزداد فى السمك وتفقد كثيرا من مظهرها الطلائى فى المراحل المتقدمة ، كما نشاهدها فى المادة السنجابية للمخ او فى خلايا الكبد .

وهناك كثير من المصطلحات التسيمية للأنسجة الطلائية المختلفة ، تعتمد أساساً على شكل الخلايا المكونة للنسيج . **فالخلايا الحرشفية**




شكل ٥٠ — أنواع الأنسجة الطلائية : أ — نسيج طلائى حرشفى . ب — مكعبانى . جـ — عمادى . د — عمادى مهدب هـ — طلائى حسى ( خلايا من مخاطية الأنف ) ، و — غدى يشمل أيضا الخلايا الكأسية المخاطية ( عن فيلى ، علم الحياة ) .

تكون مفلطحة ورفيعة فى المقطع العرضى ، وهى تكثر على الأسطح التى يتم خلالها التبادل الاوزموزى . أما **الخلايا المكعبانية** فهى متساوية فى الطول والعرض ، مما يظهرها مربعة الشكل فى المقطع ، وفى **الخلايا العمادية** يزيد الطول عن العرض . وغالبا ما يتركب النسيج الطلائى من طبقة واحدة من الخلايا فى المراحل الجنينية . ويبقى هذا التركيب فى الحيوان اليافع **كنسيج طلائى بسيط** ، أما اذا تكون من طبقتين او أكثر من الخلايا ، فيعرف بالنسيج **الطلائى المصفف** . ويحدد شكل الطبقة العليا من الخلايا اسم هذا النسيج المصفف . وهناك **نسيج مصفف** كاذب يتكون فى الواقع من طبقة واحدة من الخلايا تعطى مظهرا مصففا **نظرا** لوجود نوعين من الخلايا لها انوية فى مستويات مختلفة ، أو لوجود خلايا **لها** اجسام متسعة على أعماق مختلفة . **والغشاء القاعدى** لأى نسيج ضام يوجد عادة عند قاعدة نسيج طلائى ، وفى بعض الأنسجة الطلائية المصففة ( كما فى الجلد ) حيث تتلف الخلايا السطحية باستمرار أو تقع ، تتجدد

الخلايا المصففة بإنقسام خلايا الجزء الغائر من النسيج . والتى تسمى بالطبقة الجرثومية او المولدة . ويوجد على سطح النسيج الطلائى كثير من العضيات المتخصصة ، من ابرزها الأهداب التى تكثر فى الأنسجة الجنينية واليافعة فى اللافقاريات والفقاريات ، وهى رفيعة تضرب بنظام رتيب يعمل على توزيع المخاط ، والمواد الأخرى فى اتجاه واحد ثابت .

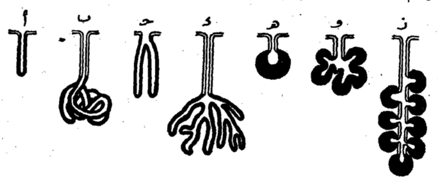
ويستعمل كثير من المؤلفين لفظ النسيج الطلائى فى الانسجة التى تغطى سطح الجسم او تبطن تجويف القناة الهضمية ومشتقاتها او التجاويف التى تنشأ من هذه الأسطح الداخلية او الخارجية ، وعلى ذلك فهناك مصطلحات اخرى لاستعمالها فى الانسجة التى تبطن التجاويف التى تنشأ ثانويا فى الطبقات الغائرة فى الجسم ، فمثلا تستخدم **الطلائية الداخلية** عادة فى المكونات الطلائية التى تبطن الأوعية الدموية .

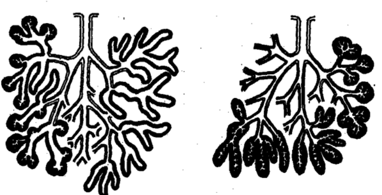
**الأنسجة غير الطلائية** : لاحظنا فى حالة المخ والكبد ، التى تنشأ فى الجنين كأنسجة طلائية ، انها تفقد مظهرها الطلائى عندما يصل الحيوان الى الطور اليافع . كذلك نجد ان العضلات المخططة ، فى الجذع والأطراف فى الحيوان اليافع ، تبدو بعيدة كل البعد عن التركيب الطلائى ، غير اننا نستطيع ان نتصور ان لها أصلا طلائيا كما سنذكر فى الفصل التالى ، فهى تنشأ من كتل نسيجية ماكنة معلقة كما هو واضح فى السهيم على الأقل ، وهذه الكتل تنشأ بدورها من طلائيات تحد الجيوب السيلومية المشتقة من تجويف المعى . وهناك انسجة أخرى هامة فى الجسم يرجع منشؤها الى النسيج الطلائى ، مثل الانسجة الضامة والهيكلية والدم . وهذه الانسجة تنشأ من الميزنيكيم الجنينى ، وخلاياها مشتقة من الاسطح الداخلية للأنسجة الطلائية ، غير انها لا ترتب نفسها فى نظام طلائى ماكن ، فهى موزعة فى المادة الأساسية او الموجد التى تفرزها . وفى النسيج الهيكلى تتصلب المادة الأساسية كما فى الغضروف او العظم ، اما فى حالة الانسجة الضامة فتكون المادة الأساسية جيلاتينية ، وفى الدم تكون سائلة على هيئة بلازما .

**الغدد** : ( شكل ٥١ ) . لكثير من خلايا الجسم نشاط افرازى فهى تنتج مواد سائلة وتصبها للخارج ، وتعرف هذه الخلايا بالخلايا الغدية ، وهى تحتوى افرازات حبيبية او فجوات مليئة بافرازات ، ويمكن تمييز هذه

الخلايا فى التحضيرات المجهرية ، وتأثير الافراز فى الخلايا مختلف ؛ ففى بعض الحالات يكون النشاط الافرازى مستمرا بدون ادنى ضرر على الخلية، أما فى حالات أخرى فيكون الافراز دوريا ، وتنفجر الخلية عند سطحها الخارجى لتصب الافراز ثم تستعيد الخلية الجزء المفقود منها ، وفى حالات اخرى كما فى الغدد الدهنية التى توجد فى الجلد يؤدى الافراز الى تحطيم الخلية كلية .

وفى كثير من الحالات ، تنتشر خلايا مفردة او فى مجموعات على سطح النسيج الطلائى الذى يؤدى وظائف اخرى أيضا . وهذا ما يحدث مع **الخلايا المخاطية** التى تفرز المخاط ليرطب الأغشية المختلفة ويحميها . وقد يتراكم المخاط قبل خروجه من الخلية ويكون حبيبات كبيرة وتسمى هذه



شكل ٥١ ــ أنواع الغدد القنوية . أ ــ ز ــ غدد بسيطة
أ ــ أنبوبية . ب ــ أنبوبية ملتوية . ج ؛ د ــ أنبوبية متفرعة . هـ ، و ــ غدد حوصلية متفرعة . اسفل : امثلة من الغدد المركبة . القنوات فى كل الرسومات ممثلة بخطوط مزدوجة ، والجزء المعزز باللون الأسود
( عن ماكسيمو وبلوم ، على الأنسجة ) .

الخلايا **بالخلايا الكأسية** وكثيرا ما تنقل الخلايا المفرزة من السـطح وتكون غددا لها قنوات تمر الافرازات من خلالها الى السـطح أو الى التجاويف الداخلية كما فى القناة الهضمية أو القنوات البولية والتناسلية ، وتسمى هذه الغدد **بالغدد القنوية** وانسحاب الخلايا الغدية من السطح يؤدى الى عديد من الأغراض ، فخلايا الغدة فى حماية أكثر مما لو كانت على السطح ، كما أن المساحة الافرازية تزداد نتيجة لتكوين ثنيات او جيـوب كثـيرة فى النسيج الغدى ، كما ان خروج الافراز من الغدة يقع تحت سيطرة تامة . وفى شكل ٥١ نشاهد أنواعا عديدة من التراكيب الغدية فى الجسم ، فهناك غدد أنبوبية ،او حوصلية ، بسيطة او مركبة ، وغدد **مركبة** تتكون من عدد من الغدد لها قناة مشتركةتفتح للخارج .

وتوجد غدد من نوع آخر غير هذه الغدد القوية ، فليس لها قنوات ، وتصب افرازها فى الدم ، وتعرف بالغدد اللاقنوية ( راجع الفصل السابع عشر ) . وتنشأ هذه الغدد فى بعض الحالات من انسجة طلائية فى الجنين ، مما يعتقد انها كانت غددا قنوية فى أسلاف الحيوان . وفى حالات اخرى ، لا يوجد دليل على هذا ، أو حتى على وجود انحدار تدريجى من غدد قنوية الى غدد لا قنوية ، ويظل منشأ هذه الغـدد فى اثناء نشـوء المجموعات الحيوانية غامضا .

الفصل الخامس

# التكوين المبكر للفقاريات

سنتحدث فى الفصول الآتية عن تكوين الاعضاء والأنسجة المختلفة ، حيث نناقش باختصار تاريخ التكوين المبكر للفقاريات من البيضة حتى تتميز الأعضاء والأجهزة الهامة وتتكون القاعدة الرئيسية للجسم . وفى سبيل ذلك سنسرد القصة مبسطة بطريقة تخطيطية مع حذف كثير من التفاصيل التى تهم عالم الأجنة .

## انواع البيض

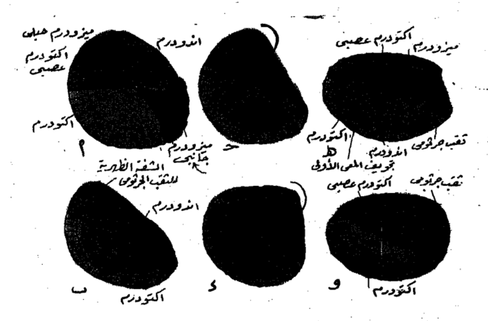
يختلف بيض الفقاريات كثيرا فى الحجم من مجموعة الى اخرى ، وهذا التغير فى الحجم ( ما عـــدا فى الأسماك كاملة التعظم ) مرتبـــط بكمية المح الموجودة ، وكمية المح وتوزيعها مسئولتان بدورهما عن الاختلافات العظمية فى طرق التكوين . ونتيجة لهذا فان ما يهمنا هو ان نميز بين الانماط الرئيسية من البيض ، ثم نتابع بنفس الأسلوب طريقة التكوين التى تتم فى كل حالة .

فى بعض البيض ــ مثل بيض السهيم والثدييات على سبيل المثال ــ توجد كمية ضئيلة من المح ، وتسمى مثل هذه البيضة بالبيضة قليلة المح . النوع الثانى هو ذلك المسمى بالبيض المتوسط المح ، وفيه تكون البيضـــة كبيرة نوعا ما وتحتوى على كمية متوسطة من المح تميل الى التجمع فى النصف الأسفل . ويوجد هذا النوع من البيض فى البرمائيات مثل الضـــفادع الشائعة والعلاجم والسلامندر ، وفى الأسماك العظمية غير كاملة التعظم ، وفى الجلكى . وينتشر ايضا هذا النوع فى الانواع المائية الدنيئة ، حتى انه من الممكن ان نقول ان هذا النوع من البيض هو من مميزات أسلاف الفقاريات .

فى الأسماك الشبيهة بالقرش من جهة وفى الزواحف والطيور من جهة اخرى نجد بيضا كبير الحجم ــ النوع الكثير المح ــ الذى يشغل المح فيـــه اغلب حجم الخلية مع كمية صغيرة نسبيا من السيتوبلازم تتركز عند احد القطبين . وهكذا تطغى كمية المح حتى ان كل جسم خلية بيضة الدجاج يسمى ببساطة فى المطبخ « بالمح » متناسين كمية السيتوبلازم الضئيلة التى تحتويها . فى الأسماك العظمية الحديثة الشائعة ــ الاسماك كاملة التعظم ــ

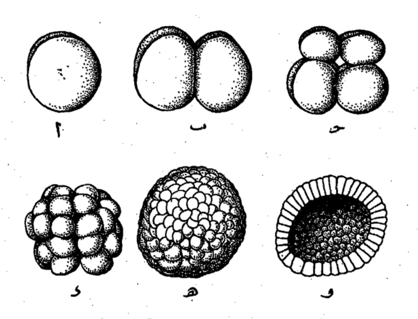
تكون البيضة صغيرة احيانا ولكنها بلا استثناء محملة بالمح . وتشبه هذه البيضة فى نموها الى درجة ما بيضة القرش أو بيضة الطير ، ولكننا سوف لا نناقش هذا الموضوع هنا .

ولكى نوضح النظم المختلفة التى تشاهد فى التكوين المبكر للفقاريات سنختار بيضا من الأنواع الثلاثة التى وصفناها من قبل . ومن البيض

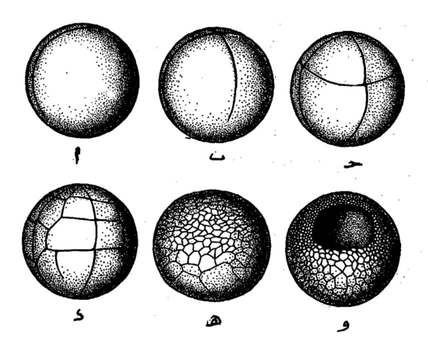



شكل ٢ ٥ــ تكوين الجاسترولا فى السهيم . أ الى و قطاعات وسطية طولية تظهر أطوارا متتابعة ( الجنين قد استدار من الوضع الأصلى للبيضة الى وضع الحيوان اليافع . نهاية الراس على الجهة اليسرى وهى التى كانت تمثل قبلا بالقطب الخضرى أو المنطقة الظهرية الخلفية ) . أ ــ خلايا الاندودرم صفيحة مفلطحة . فى ب ــ انغمد الاندودرم الى الداخل بينما خلايا الميزودروم على كلا الجانبين وهى التى تنفصل اصلا من مواد الحبل الظهرى وتتحرك الى اعلى لتتصل بها . فى جـ ــ تتم هذه الحركة بالالتفاف الى الداخل من الجهة الظهرية لمواد الحبل الظهرى فى اتجاه السهم . د ، هـ ــ تم تكوين الجاسترولا والجنين قد استطال ( وعلى الأخص الحبل الظهرى وما فوقه من الاكتودرم العصبى ) . و ــ منظر سطحى للجاسترولا المتأخرة كما ترى من الجهة اليسرى ( عن هاتشك وسبرفونتين وكونكلين ) . فى هذا الشكل والأشكال التالية الموجودة فى هذا الفصل سنستعمل الألوان الآتية للتمييز بين الطبقات الجرثومية : اكتودرم الجلد : أزرق ، الاكتودرم العصبى : أخضر ، الميزودرم : أحمر ، الاندودرم : أصفر .

« قليل المح » سنترك الفقاريات الحقيقية ونقتصر على بيض السهيم ، وهو من الحبليات الدنية نسبيا . اما بيض الضفادع أو البرمائيات الذيلية فيتميز بأنه بيض « متوسط المح » . ولكن بيض القرش او القوبع فهو من النوع « كثير المح » الذى يمتلىء كثيرا بالمح وكذلك فان بيض الطيور له نفس الطبيعة . وسنشير اخيرا الى التكوين المبكر فى بيض الثدييات وهو بيض صغير لا يحتوى على مح فى الغالب . ولكن الثدييات ــ وقد نشأت من الزواحف التى لها بيض كبير مبتلىء بالمح ــ فان نظام تكوينها يحتوى بين دفتيه على كثير من ذكريات الأنواع ذات البيض كثير المح . وسنتابع كلا من هذه الانواع من خلال ثلاث عمليات كبيرة متتابعة . ( ١ ) التفلج وتكوين البلاستيولا ، ( ٢ ) التبطين أو تكوين الجاسترولا مع تكوين طبقات الجسم الرئيسية و ( ٣ ) تكوين الأنبوبة العصبية والتراكيب الميزودرمية .



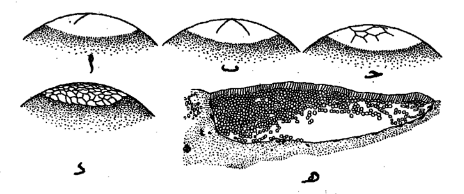

شكل ٥٣ ــ التفلج وتكوين البلاستيولا فى بيضة قليلة المح ــ بيضة السهيم ــ ( قارن اشكال ٥٤ ، ٥٥ ، ٥٦ ) . أ ــ الانقسام الاول . القطب الحيوانى للبيضة غير المقسمة فى اعلى الشكل . ب ــ الانقسام الثانى ليكون الطور ذى الخلايا الأربع . جـ ــ الانقسام الثالث . خلايا القطب الحيوانى اصغر قليلا . د ــ بعد حوالى انقسامين آخرين . هـ ــ البلاستيولا . و ــ البلاستيولا وقد شقت الى نصفين تبين تجويف الانقسام فى الداخل تحيط به طبقة واحدة من الخلايا . ( عن سير فونتين وكونكلين ) .



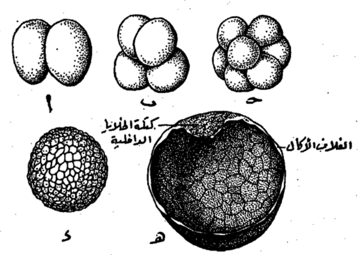

شكل ٥٤ ــ التفلج وتكوين البلاستيولا فى نوع من البيض متوسط المح كما فى البرمائيات . وتشبه هذه الأشكال الستة الأخرى المبية فى شكل ٥٣ (قارن أيضا شكلى ٥٥ ، ٥٦ ) . أ ــ الانقسام الأول . ب ــ الانقسام الثانى . جـ ــ الانقسام الثالث ، عرضى مع تكوين خلايا صغيرة عند القطب الحيوانى. د ــ الطور ذو الست والثلاثين خلية تقريبا . الانقسام غير منتظم ولكن أبطأ ، مع تكوين خلايا كبيرة عند القطب الخضرى. هـ ــ البلاستيولا، الخلايا عند القطبين الأساسيين متباينة الوضوح . و ــ قطاع فى البلاستيولا يبين تجويف الانقسام الذى يتكون من حجم محدود تحده من أعلى عدة طبقات من الخلايا ، فى حين أن كتلة المح عند القطب الخضرى قد انقسمت ببطء الى كتلة من الخلايا الكبيرة .

## التفلج وتكوين البلاستيولا

**السهيم** : بيضة الفقاريات أو بيضة السهيم التى تبدو ساكنة والتى لا يتميز فيها شىء ، تحتوى بداخلها على كل الطاقات اللازمة لتكوين الحيوان اليافع ، ولا تحتاج الا الى المنبه المناسب ــ وعادة ما يكون هذا المنبه هو قوة الانطلاق التى تنشأ من دخول الحيوان المنوى ــ لتبدأ قصة التكوين . ويلقى توزيع المح فى البيضة ــ حتى قبل التقيح ــ ضوءا على تعضى هذه البيضة . حتى فى تلك البيضة ذات المح القليل مثل بيضة السهيم نجد أن المح

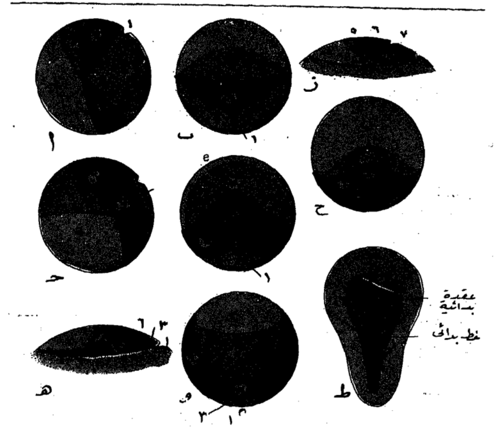



شكل ٥٥ ــ أشكال تبين التفلج وتكوين البلاستيولا فى البيض كثير المح كما فى القرش والزواحف والطير ( قارن شكلى ٥٣ ، ٥٤ ) . فى أ ــ د الموضح فقط هو القطب الحيوانى ويتكون من منطقة من البروتوبلازم الرائق على قمة كتلة كبيرة من المح الساكن . أ ــ د تبين أطوار الانقسام التى تماثل تلك المرقومة من أ الى ذ فى الشكلين السابقين . ولا تؤدى نتيجة الانقسام هنا الى تكوين كرة ، ولكنها تؤدى الى تكوين صفيحة مفلطحة تتكون من عدة خلايا فى السمك ، ويقع تحتها تجويف غير منتظم هو تجويف الانقسام الذى يوجد فوق كتلة المخ غير المنقسمة . ( هـ عن فون كوبفر ) .



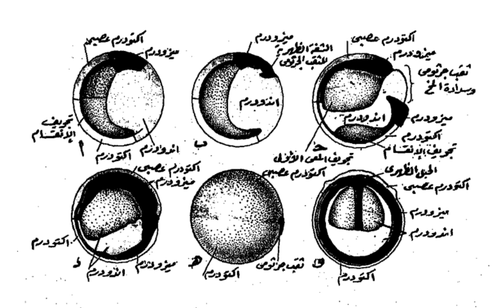

شكل ٥٦ ــ التفلج وتكوين البلاستيولا فى أحد الرئيسيات . البيضة صغيرة لان تحتوى على مح تقريبا وتقسم ( من ا الى د ) بطريقة تشبه تلك التى تتم فى السهيم . البلاستيولا المتكونة ( ترى فى قطاع فى هـ ) تشبه تلك الخاصة بالسهيم . والحقيقة انالطبقة الخارجية هي الغلاف الأكال الذى يكون اتصالا مع جدار الرحم . أما البلاستيولا الحقيقية فهى كتلة الخلايا الداخلية ، وهى طبقة من الخلايا تقع فوق التجويف الداخلى تماما كتلك التى توجد فى بلاستيولا البيضة كثيرة المح ( شكل ٥٥ هـ ) وتقع فوق كتلة المح .

( عن ستريتر )



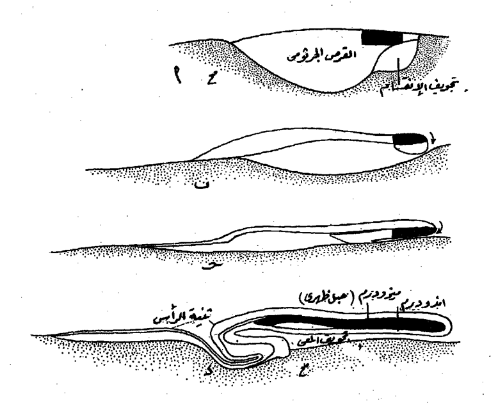

شكل ٥٧ ــ اشكال توضح سطح البلاستيولا فى الانواع المختلفة لاظهار مصير المناطق المختلفة فى التكوين الطبيعى . أ ، ب ــ منظر الجانب الايسر والظهرى للبلاستيولا فى السهيم ( قارن شكل ٥٣ هـ ) . جـ ، د ــ مناظر مشابهة لبيضة البرمائيات ( قارن شكل ٥٤ هـ ) : استدار الجنين فى هذه الاشكال من الوضع الأصلى الذى كانت عليه البيضة وهى عائمة الى ذلك الوضع الذى تتخذه الجاسترولا . وتتم الاستدارة بحيث ان القطب الخضرى الذى كان اصلا فى وضع بطنى قد التف الى الخلف والى أعلى للوضع الذى سيتكون من الاندودرم . المكان الذى سيتكون فيه الثقب الجرثومى يعين ويدل عليه شق . فى هـ ، و ، ز ، ح ــ مناظر جانبية وظهرية متشابهة للبلاستيولا المفلطحة فى البيض كثير المح للقرش والطائر . لاحظ انه فى كل الأشكال يتشابه نظام المناطق التى ستعطى الطبقات الجرثومية ، ولكن فى الطيور ( كحيوان رهلى ) حل الخط البدائى محل الثقب الجرثومى باستثناء تكوين الأندودرم ، ط ــ طور فى تكوين الطيور يلى الطور ح . تغير الجنين تحرك الميزودرم والاكتودرم العصبى الى الداخل ( كما هو مبين بالأسهم ) فى اتجاه الخط البدائى . ١ ــ مكان تكوين الثقب الجرثومى . ٢ ــ الأكتودرم الذى سيعطى الجلد مستقبلا . ٣ ــ الأندودرم . ٤ ــ الميزودرم . ٥ ــ الاكتودرم العصبى . ٦ ــ منطقة الحبل الظهرى من الميزودرم . ٧ ــ المكان الذى ستظهر فيه العقدة البدائية والخط البدائى . ( البيانات من كونكلين نوخت وفاندبروك وباستيل ) .

يتركز الى درجة ما فى نصف الكرة السفلي ، ولذلك نستطيع ان نميز بين قطب اعلى حيوانى ذى سيتوبلازم رائق ، وقطب خضرى اسفـل فى منطقة المح . وفى كثير من اللافقاريات يصبح المحور الذى يصل هـذين القطبـين المحور الأمامى الخلفى للجسم ، ويصبح القطب الخضرى نهايته الخلفية . ويختلف الأمر فى الفقاريات والحبليات الدنية نتيجة للتعقيـد النسبى فى النمو ؛ فان محور السهيم اليافع يقع حوالى ٤٥° بعيدا عن محور البيضة . ولهذا ( ونقولها من غير تحفظ ) يميل القطب الحيوانى الى اسفل تحت ذقن الحيوان اليافع ؛ فى حين يميـل القطب الخضرى الى اعلى والى الخلف فى اتجاه ظهر الحيوان .




شكل ٥٨ ــ تكوين الجاسترولا فى نوع من بيض البرمائيات . أ الى د ــ مناظر تماثل تلك المبينة من أ الى هـ فى شكل ٥٢ . وتحدد الكمية الكبيرة من المح الانغماد الى تلك الدرجة المبينة فى ب . اما بقية الانغماد فيتم بنمـو أكثر لشفتى الثقب الجرثومى كما هو مبين بالسهم فى الشفة العليـا فى جـ . هـ ــ الجاسترولا من الجانب الأيسر . و ــ قطاع عرضى لمنظر امامى ، كما يشاهد فى جـ ؛ د ، و ويستثنى الميزودرم الى الداخـل بين الاكتودرم والأندودرم ( قارن شكل ١٦٧ أ ، ب ) . ( عن هامبورجر ) .

والحدث الأول الأكبر فى سلسلة الأحداث الذى يلى دخول الحيوان المنوى هو عملية التفلج أو الانقسام التى تؤدى الى طور يسمى بالبلاستيولا . ففى السهيم ( شكل ٥٣ ) يكون الانقسام الأول طوليا ويمتد من قطب الى قطب ( مثلما يقطع شخص ما تفاحة الى قسمين ) وينتج عن ذلك تكوين خليتين تكونان فيما بعد النصف الأيمن والأيسر للجسم — وهنا وربما فى الفقاريات




شكل ٥٩ — قطاعات طولية لأطوار متتالية فى تكوين الجاسترولا فى بيضة كثيرة المح كبيضة صفيحيات الخياشيم . المبين فقط هو قرص البلاستيولا والجزء المجاور من المح ، الطرف الامامى والى اليسار . أ — بلاستيولا ( قارن شكل ٥٥ هى ) . ب — انغماد الأندودرم الى الداخل عند النهاية الخلفية للقرص ، وهو ما يشابه الثقب الجرثومى . جـ — العملية المستمرة للالتفاف الداخلي للميزودرم . د — انفصل الميزودرم عن الأندودرم ، وتكون تجويف المعى وهو مفتوح من أسفل وسقفه يتكون من الاندودرم ( عن فان بروك ) .

عامة يتعين فى البيضة غير الملقحة المستوى الوسطى للجسم مستقبلا . ثم يتلو ذلك انقسام طولى تماما مثلما تقطع تفاحة الى أربعة أرباع . اما الانقسام

الثالث فيتم بمستوى عمودى على الانقسامين السابقين قاطعا محور البيضة وبهذا يتكون الطور ذو الثمان خلايا . وتبقى كل خلية تنتج من هذا الانقسام ملتصقة بزميلاتها ، الا انها تميل لتتخذ شكلا كرويا . ونتيجة لهذا ، ومن هذه النقطة وما بعدها يبدأ تكوين تجويف وسطى داخل تلك الكرة من الخلايا . ويزداد هذا التجويف حجما كلما استمر الانقسام ، ومن ثم يسمى بتجويف الانقسام أو البلاستوسيل . وهناك تبدأ ايضا ظاهرة اخرى فى هذا الوقت حيث تميل خلية الانقسام لا من وسط كتلتها المحية الكبيرة ولكن من وسط البروتوبلازم الحى دون اعتبار لتلك الكتلة الساكنة نسبيا من المح . وقد اوضحنا انه حتى فى السهيم توجد تحت المحور كمية من المخ اكثر قليلا من تلك الموجودة فوقه . ومن ثم فان الانقسام المحورى الذى ذكر لا يمر تماما بالمحور ولكن فوقه بقليل ، ونتيجة لهذا فان الخلايا الأربع السفلى تكون اكبر قليلا من غيرها وتحتوى على كمية اكثر من المح من تلك التى فوقها .

ثم تنقسم كل من الخلايا الثمان الى خليتين ليتكون الطور ذو الست عشرة خلية ، ثم تنقسم كل من هذه الخلايا الى اثنتين وثلاثين خلية . ويستمر الانقسام بعد ذلك متشابها الى حد ما ولكن بطريقة أقل انتظاما ، وبمتوالية هندسية تتم انقسامات أكثر قليلا حتى تتكون البلاستيولا . وتتكون نتيجة لهذا الانقسام كما فى السهيم كرة جوفاء سمكها خلية واحدة ، وتتكون من عدة مئات من الخلايا مرتبة كغلاف يحيط بالتجويف الوسطى . وليست خلايا البلاستيولا متشابهة تماما ولكن تظهر الملاحظة وجود خلايا صغيرة جهة القطب الحيوانى وخلايا كبيرة تحتوى على مح اكثر نوعا ما جهة القطب الخضرى .

**البيض متوسط المح :** تنقسم بيضة هذا النوع متوسط المح فى الفقاريات مثل بيضة الضفدعة أو السلامندر ( شكل ٥٤ ) بنفس النظام الأساسى الذى تتبعه بيضة السهيم بدلا من التحور الناتج عن وجود كمية كبيرة من المح فى نصف الكرة الخضرى . والانقسامان الأول والثانى طوليان كما فى السهيم ، فهما يبدآن من القطب الحيوانى ، ولكن يعمل وجود المح الساكن على ابطاء عملية الانقسام ، ومن ثم فان الانقسام الثانى يبدأ قبل أن يكون الانقسام الأول قد تم ووصل الى نهاية القطب الخضرى . وتستمر هذه القابلية للتأخر فى الانقسام فى النصف الأسفل من البيضة طيلة وقت الانقسام . أما الانقسام الثالث — وهو الانقسام العرضى أو المحورى — فيتم

بعيدا عن المحور وذلك لاختلاف توزيع المح ( وغالبا فى اتجاه الشمال — كما يستطيع الانسان ان يقول — فى مدار السرطان ) . وتبعا لذلك فان خلايا الحلقة العليا اصغر كثيرا من الخلايا الموجودة فى الحلقة السفلى . ونتيجة لعدم تساوى الانقسام وتاخره فى نصف الكرة الخضرى تختلف البلاستيولا الناتجة عن بلاستيولا السهيم . وتختلف الخلايا الصغيرة فى الجزء الحيوانى من الكرة ( وهند عديدة الطبقات فى السمك ) عن كتلة الخلايا الكبيرة المحية والمنقسمة جزئيا والتى تكون نصف الكرة الخضرى ، وبهذا يقل حجم تجويف الانقسام .

**البيض كثير المح :** ولو ان بيضة البرمائيات تحتوى على كمية كبيرة من المح الا ان الخلايا تنقسم انقساما كاملا حتى تتكون البلاستيولا . ولكن فى الانواع الاخرى مثل القروش والزواحف والطيور — حيث يكون معظم حجم البيضة من المح الساكن الذى لا ينقسم ابدا — فان الانقسام وتكوين البلاستيولا ( شكل ٥٥ ) يقتصر على المنطقة الصغيرة من البروتوبلازم الرائق فى القطب الحيوانى . وتكون النتيجة تكوين قرص من عدد من الخلايا فى السمك يقع فوق المح . والبلاستيولا هنا عبارة عن طبقة مفلطحة وليست كرة . ويحيط المح بحواف البلاستيولا ، ويتكون من الخلايا التى قد تقع فى منطقة القطب الخضرى فى البيض الاقل محا . ولكنها هنا غير قادرة على ان تاخذ هذا المكان . وتوصف البلاستيولا — بمصطلحات رسامى الخرائط — بانها كرة ضغطت حتى تفلطحت واصبحت « خريطة » ذات طول وعرض فقط اى انها مسطحة ، وتمثل مسقطا مرسوما من ناحية قطبها الشمالى .

**الثدييات :** الاطوار المبكرة فى تكوين الثدييات ( شكل ٥٦ ) متخصصة ولا تشبه ايا من الفقاريات الاخرى . فالثدييات المثالية تحمل الاجنة المبكرة داخل اجسامها وتغذيها بمواد تستخلص من الافرازات الرحمية اولا . ثم من دم الام عن طريق نسيج يربطهما معا ويسمى بالمشيمة . وتتكون المشيمة نتيجة تحور فى الاغشية الجنينية التى توجد فى كل الرهليات ، وتشبه كثير من عمليات التكوين فى الثدييات تلك الخاصة بالزواحف والطيور . والاطوار الاولى فيها جميعا واحدة . ولا تحتاج بيضة الثدييات الى مح وليس بها اى منه ، ونتيجة لذلك فهى صغيرة ، كما ان اطوار الانقسامات المبكرة ( التى

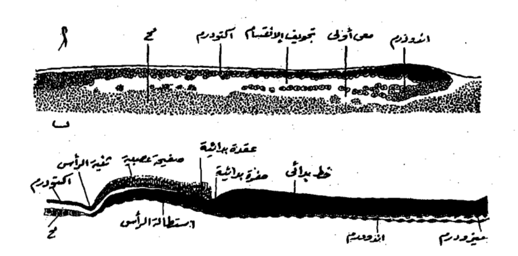
تتم فى قناة البيض ) تشبه تماما تلك الخاصة بالسهيم . ولكن فى ثدييات كالرئيسيات نجد انه من الضرورى أن تتكون بسرعة طبقــة خارجيــة من الخلايا لتساهم فى تكوين المشيمة عندما تسقط البيضة فى الرحم ــ وسرعان ما يحدث ذلك ــ وتبعا لذلك فان البلاستيولا المتكونة تتكون من جزئين : ١ ــ كتلة داخلية من الخلايا وهى التى سيتكون منها الجنين و ٢ ــ طبقــة خارجية رفيعة من الخلايا تسمى الطبقة الأكالة ، وهى غشاء جنينى وظيفته الاتصال بأنسجة الام الرحمية .

## تكوين الجاسترولا والطبقات الجرثومية

**السهيم** : لقد رأينا ــ نتيجة لانقسام البويضة وتكوين البلاستيولا ــ تكوين جنين يتكون جسمه فى معظم الانواع من طبقة واحدة من الخلايا على شكل كرة أو صفيحة من الخلايا . وتشير الاختلافات فى بعض الحــالات سواء كانت فى الحجم او فى وجود الحبيبات الملوثة او فى كمية المح فى الاجزاء المختلفة من البلاستيولا الى التخصصات المختلفة فى مناطق الخلايا المهيمنة لتكوين نسيج أو آخر من الانسجة الكبيرة فى الجنين المتــأخر والحيــوان اليافع . ولا تظهر فى بعض الحالات الاختلافات الحقيقية بسهولة ولكن من الممكن معرفة مستقبل كل منطقة بواسطة ( على سبيل المثال ) تلوين الخلايا فى البلاستيولا ، ثم تتبع هذه المناطق الملوثة فى الأطوار المتاخرة من النمو . وكنتيجة لهذه الملاحظات والتجارب وجد فى عدد كبير من انواع الحبليات ان مستقبل مناطق الخلايا المختلفة من الممكن تحديده فى طور البلاستيولا ، ومن الممكن ايضا رسم خرائط لمصير مناطق البلاستيولا ، وكثير من هذه الخرائط مبين هنا ( شكل ٥٧ أ ــ ح ) .

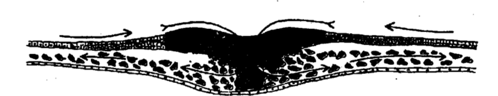
وتبدأ الآن مسلسلة من التحركات لمناطق خلايا خاصة لتتخذ المكان الذى ستشغله مستقبلا فى الجنين المتاخر او الحيوان اليافع . والخطــوة الكبيرة هى عملية التبطين او تكوين الجاسترولا ؛ وهى تحول الكرة ذات الطبقة الواحدة أو القرص فى حالة البلاستيولا الى جنين مبكر ذى طبقتين ، طبقة خارجية يشير جزء منها الى سطح الجلد فى الحيوان اليافع وطبقــة داخلية سيكون جزء منها بطانة المعى فى الحيوان اليافع . أما الفتحة التى تؤدى الى الداخل فهى ثقب البلاستيولا أو البلاستوبور .

يظهر التبطين فى السهيم كأنه عملية بسيطة تقتصر على انثناء الكرة الى نصف كرة تتكون من طبقتين ، جلد فى الخارج وتجويف المعى فى الداخل ( شكل ٥٢') . أما فى الحيوانات البعدية البدائية مثل الجوفمعويات فان هذا الوضع فى الجنين هو الوضع الصحيح ، فكل خلايا نصف الكرةالحيوانى التى تكون السطح الخارجى لجاسترولا الجوفمعويات تكون الاكتودرم أو الطبقة الجرثومية الخارجية فى الجنين المتأخر والحيوان البالغ . فى حين تكون الخلايا الداخلية الاندودروم أو الطبقة الجرثومية الداخلية التى تكون المعى . ومع ذلك فليست عملية التبطين بهذه البساطة فى الحبليات ؛ لأن تركيب الجسم فيها معقد . فمواد الجسم فى كأس الجوفمعويات البسيط قد لا تكون فى الحبليات أكثر من الطبقة السطحية من الجلد والبطانة الداخلية القناة الهضمية وملحقاتها . ويحتاج الأمر الى منطقة خاصة من طبقة الاكتودرم العضبى لتكون الجهاز العصبى المعقد . ولا بد من أن تتكون الخامات اللازمة لتكوين الطبقة الثالثة العظمى وهى الميزودرم الذى يكون




شكل ٦٠ ــ قطاعان طوليان متتابعان فى جنين طائر فى طورين متتابعين يوضحان عملية تكوين الجاسترولا ، أ ــ شكل يماثل ذلك الخاص بالقرش المبين فى شكل ٥٩ ب ، ولكن الاندودوم هنا يتكون بتفصص الطبقات لا بالالتفاف الى الداخل من الجهة الخلفية ليكون سقف المعى الأولى . ب ــ طور متأخر يماثل المبين فى شكل ٥٧ ط . تلتف الخلايا السطحية من الحفرة البدائية فى الخلف الى أسفل والى الداخل ( فى مستوى الورقة ) كما تلتف جانبيا لتكون الميزودوم المثالى ، وكذلك تتحرك الى الأمام لتكون الحبل الظهرى ( استطالة الرأس ) .

الجزء الأكبر من كتلة جسم الحبليات . ويحتاج الجسم فى الحبليات اكثر من ذلك الى منطقة وسطى ظهرية من الميزودرم ، وهى الميزودرم الحبلى، يتكون منها الحبل الظهرى ، كما ان لها اهمية خاصة فى التأثير على تكوين الجهاز العصبى .



شكل ٦١ ــ قطاع عرضى فى الخط البدائى فى الطور المبين فى شكلى ٥٧ ط ، ٦٠ ب ، يلتف الميزودوم كما هو مبين بالاسهم فى الوسط والى اسفل فى الخط البدائى ، ثم الى الخارج جانبيا على كل من الجانبين . وفى اعلى يتحرك الاكتودرم العصبى المستقبل الى الداخل فى اتجاه الخط الوسطى ( عن ر . بيليرز ، عن مارشال . وكتاب البيولوجيا والفسيولوجيا المقارنة للطيور ــ اكاديميك برس ) .

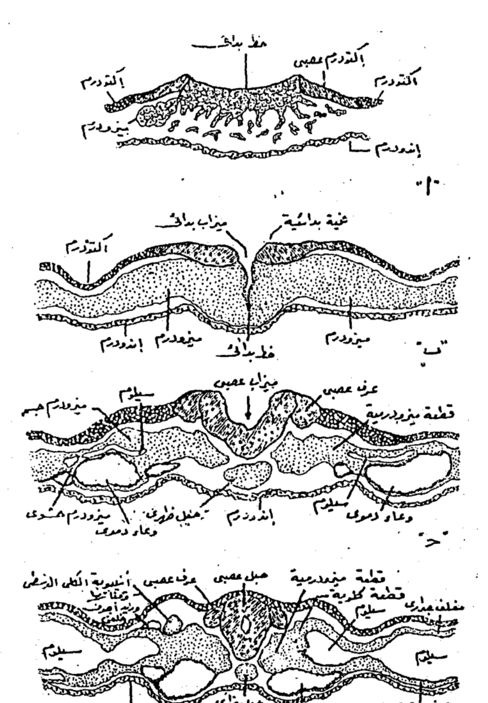
وقد وضع اساس هذه المناطق كلها فى السهيم فى طور البلاستيولا وتشملها جميعا عملية التبطين ( شكل ٥٧ ا و ب ) وعندما تبدا عملية التبطين تكون الخلايا الكبيرة المحية عند القطب الخضرى والتى ستصبح الاندودرم طبقة مفلطحة تنثنى الى الداخل عند الحالة البطنيـة للثقب الجرثومى . وفوق ذلك تنثنى صفيحة من خلايا الميزودرم الحبلى الى الداخل فوق الشفة الظهرية للثقب الجرثومى وتندفع داخليـا الى الامام ، كما انهـا تستطيل فى هذه العملية وتعمل على اطالة الجاسترولا عموما الى حد ما . ومع الانثناء الداخلى لهذا النسيج يشغل ما سيكون الاكتـودرم العصبى منطقة كبيرة على السطح الظهرى امام الثقب الجرثومى . وعلى كل من جانبى الثقب الجرثومى بين الميزودرم الحبلى من اعلى والاندودرم من اسفل تنساب كتل خلايا الميزودرم الاصلى الى الداخل والى الامام والى اعلى حيث تضع نفسها على كل من جانبى الميزودرم الحبلى .

وعندما تتم عملية التبطين نجد أن الجنين يكون كرة مستطيلة نوعا ما مع مدخل وحيد يؤدى الى الداخل وهو الثقب الجرثومى الذى يقع فى

مؤخرتها والذى اصبح الآن اىل حجما عن ذى قبل ، وعلى السطح الخارجى تكون منطقة الاكتودرم ــ وهى التى ستكون جلدا مستقبلا ــ الغطاء الطلائى البطنى ، بينما تكون الاكتودرم العصبى المنطقة الظهرية الخلفية . وفى الداخل يشغل الاندودرم منطقة تشبه اساسا منطقة اكتودرم الجلد على السطح الخارجى ، كما توجد على الظهر من الجهة الخلفية منطقة الميزودرم مع الميزودرم الحبلى اللذين يشغلان مكانا ظهريا ووسطيا على طول سقف المعى الأولى .

ولو ان ذلك ليس بالضبط جزءا من التبطين الا ان الخطوة الثانية فى تكوين الميزودرم ، فى السهيم والتى ستوصف فى هذا المجال ، هى تكوين الجيوب الميزودرمية ( شكلى ٦٥ ، ٦٦ ) . اما الجزء من الميزودرم الذى يقع على طول الخط الظهرى الوسطى من سقف المعى الأولى فانه يلتف ليكون الحبل الظهرى . وما يتبقى من الميزودرم يلتف الى الخارج على كل جانب ليكون زوجا من الميازيب الطولية . وتنفصل هذه الميازيب ابتداء من الأمام مكونة مجموعة عقلية من الجيوب هى القطع الميزودرمية. وكانت تجاويف هذه القطع متصلة اصلا بتجويف المعى الأولى. وهى المسئولة عن تكوين السيلوم عندما تتخصص جدرانها فيما بعد لتكون الانسجة الميزودرمية , وعندما تنشأ هذه الجيوب يمتد الأندورم الى اعلى والى الداخل منها وتحت الحبل الظهرى لتكون بطانة كاملة مستقلة للمعى . وتكوين هذا النوع من الجيوب يقارن الى درجة كبيرة بالعملية التى تحدث فى ديدان البلوط والجلد شوكيات. وهى قاعدة بدائية توحى بالاعتقاد بقرابة الحبليات للجلد شوكيات .

**الانواع متوسطة المح :** ( اشكال ٥٧ جـ ، د ، ٥٨ ، ٦٧ أ ، ب ) فى مثل هذه الأنواع كالضفادع والبرمائيات الذيلية يحدث التبطين بطريقة تشبه الى حد ما ما يحدث فى السهيم مع بعض التحورات. تحاول البلاستيولا عند بداية التبطين ( هكذا نقول ) ان تلف نفسها الى الداخل فيتكون شق سطحى عند نقطة تماثل الشفة الظهرية للثقب الجرثومى فى السهيم ، ثم تنساب المواد الى الداخل عند هذه النقطة . ولكن لما كان من المحال طبيعيا ان تلتف الى الداخل كل كتلة المواد المحية فى نصف الكرة الخضرى بهذه الطريقة فان التبطين يتم بعد ذلك بالنمو المستمر لشفتى الثقب الجرثومى




شكل ٦٢ـ قطاعات عرضية فى اجنة الكتكوت تبين اشكالا متتابعة فى تكوين الميزودرم والانبوبة العصبية . ب ـ انتشر الميزودرم بكثرة على كل من الجانبين بين الاكتودرم والاندودرم، ولكنه لم يتميز بعد (قارن شكل ٦١) جـ ـ ابتدأ السيلوم فى الظهور فاصلا الجزء الجانبى من الميزودرم الى جزء خارجى جسمى وجزء داخلى حشوى . انفصل الحبل الظهرى عن بقية الميزودرم فى الوسط وظهر على كل من جانبى الميزاب العصبى الثنيتان والعرفان العصبيان . د ـ اتصلت الثنيتان العصبيتان لتكونا انبوبة هى الحبل الشوكى . انقسم الميزودرم الى قطع وقطع كلوية وجزء جانبى يفصل السيلوم فيه طبقتى الجسم الخارجية والداخلية اى المغلف الجدارى والمغلف الحشوى ( عن آرى ) .

والالتفاف الداخلى للمواد السطحية عند هذه الشفاه . ومن ثم يتكون نصف كرة من طبقتين تشبه ببساطة الجاسترولا فى السهيم . وتختلف مع ذلك الطريقة التى يتكون بها الميزودرم . يقف تكوين الجيوب وبدلا من ذلك يندفع الميزودرم الملتف الى الداخل مندفعا بين الاكتودرم والاندورم كصفيحة من الأنسجة التى سرعان ما تصل الى الخط الوسطى البطنى ، ولا يظهر التقسيم العقلى ولا التجاويف السيلومية الا مؤخرا .

**صفيحيات الخياشيم :** ( شكل ٥٩ ) من الواضح ان تكوين الجاسترولا المثالى لا يكون فى بلاستيولا النوع الكثير المح والتى هى عبارة عن صفيحة مفلطحة من الخلايا وليست كرة ، ومع ذلك فان طريقة تكوين الجاسترولا تشبه اساسا تلك الخاصة بالسهيم أو أى حيوان برمائى .

ففى التبطين الطبيعى لا بد وان يكون الحدث الاول هو تكوين الاندودرم تحت الاكتودرم . ولا بد ان يتم هذا ــ جزئيا على الاقل ــ بالتفاف الخلايا الى الداخل عند شفتى الثقب الجرثومى وخاصة عند الشفة الظهرية . ولكن أين شفتا الثقب الجرثومى فى الصفيحة المفلطحة ؟ والاجابة المعقولة هي انهما يقعان عند خافات الصفيحة ، ولا بد إن تقع الشفة الظهرية وهى المنطقة الأكثر نشاطا عند النهاية الخلفية للجنين المتكون . ويقع مركز النشاط فى جنين القرش عند جزء واحد من حافة القرص والتى من الممكن ان يعتبر ــ دون اى خطا ــ انه هو منطقة الشفة الظهرية ( شكل ٧١ أ ) ويوجد هنا نمو تراكبى سريع والتفاف الى الداخل للأنسجة ( شكل ٥٩ ب ، جـ ) التى تنتشر اماما وتحت القرص لتحوله الى قرص مفلطح ذى طبقتين مساو للجاسترولا . يقع الجلد الاكتودرمى والاكتوذرم العصبى على السطح وتحتهما الأندورم مع الميزودرم الذى يمتد بين الاكتودرم والاندودرم كما يحدث فى البرمائيات . ولكن لا تزال هناك اختلافات عن البيض متوسط المح وذلك للشكل القرصى . فلا يكون الاندودرم اولا انبوبة معوية كاملة ولكنه ينتشر فوق سطح المح ، والجنين ــ هكذا تقول ــ غير مزور من الجهة البطنية .

**الزواحف والطيور :** ( أشكال ٦٠ ، ٦١ ، ٦٢ ) البلاستيولا فى الرهليات التى تضع بيضا ــ الزواحف والطيور ــ عبارة عن قرص مفلطح يشبه القرص الخاص بالقرش ، ولكن تكوين الجاسترولا هنا اكثر تخصصا فى

طبيعته . فالالتفاف الداخلى للاندودرم غير موجود هنا . ولكن بدلا من ذلك تتكون هذه الطبقة من الجسم بتفصص الطبقات ـ انفصال الطبقة الداخلية من الخلايا عن السطح السفلى للقرص الجرثومى ( شكل ٦٠ أ ) . اما الميزودرم من جهة أخرى فيلتف الى الداخل من خلال الثقب الجرثومى، ولكن هذا الثقب الجرثومى عبارة عن تركيب مختلف كثيرا وهو الخط البدائى . وعند جدران هذا الخط تتحرك هذه الخلايا الى اسفل ثم تمتد جانبيا لتصبح بين الاكتودرم والاندودرم ( أشكال ٦٠ ب ، ٦١ ، ٦٢ ) . وفى الأمام يكون الجزء الوسطى من هذه الخلايا الملتفة الحبل الظهرى. وعلى الجانبين تتحرك هذه المواد الى الخارج لتكون العقل وغير ذلك من التراكيب الميزودرمية . وعندما يتم الالتفاف الداخلى للميزودرم يتضاءل الخط البدائى ثم يتلاشى ، ويكون الاكتودرم العصبى قد تحرك وسطيا ليشغل مكانه الظهرى الوسطى القديم .

**الثدييات :** ( شكل ٦٣ جـ ) : تكوين الجاسترولا فى الثدييات عملية فريدة . فى الأطوار المتأخرة يصبح جنين الثدييات مشابها فى تركيباته العظمى لأقاربه من الرهليات . ولكن حتى نهاية تكوين الجاسترولا لا يزال الجنين غير مثالى ولم يتخلص بعد ( هكذا نقول ) من رواسب الماضى . ولا تختلف تفاصيل تكوين الجاسترولا بين مجموعات الثدييات ، وما سيوصف هنا هو ذلك الخاص بالرئيسيات .

وتتكون البلاستيولا كما رأينا من طبقة خارجية من الخلايا التى تتصل بالأنسجة الرحمية وكتلة داخلية من الخلايا . وتقع هذه الكتلة الداخلية من الخلايا بين تجويفين من أعلى وأسفل . ويتسع كل من هذين التجويفين ليتركا بينهما صفيحة مفلطحة من طبقتين من الخلايا . ويحد التجويف العلوى الاكتودرم ، ويختص هذا التجويف بالأمنيون ، أما التجويف السفلى فيختص بكيس المح ويحده الأندودرم . وهذه التجاويف والمواد التى تحيط بها اجزاء من جهاز أغشية الرهليات التى ستوصف فيما بعد . أما الصفيحة ذات الطبقتين من الخلايا وهى التى تقع بين هذين التجويفين فهى القرص الجرثومى ، ومنه سيتكون الجنين فيما بعد . ولما كان السطح السفلى لهذا القرص اندودرميا كان الفصل الأول من تكوين الجاسترولا قد تم . أما بقية العملية فهى تماثل تلك التى رأيناها فى الطيور او الزواحف ،

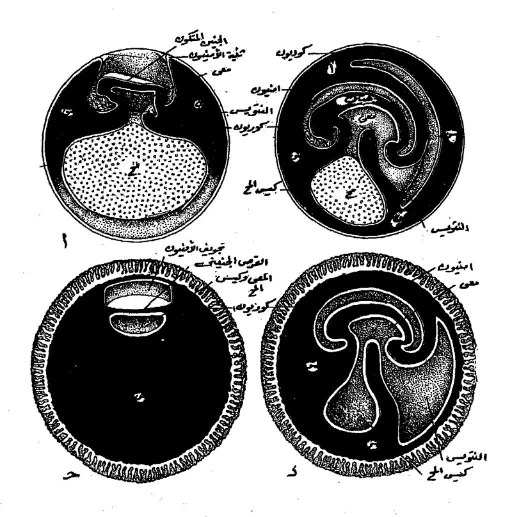
وهى تكوين خط بدائى ثم التفاف المواد الميزودرمية عند حافتيه ( شكل ٧٣ أ ص ) .

## الأنبوبة العصبية وتكوين الميزودرم

**الأنبوبة العصبية :** يتبع انتهاء تكوين الجاسترولا مع وضع انسجة الجسم الرئيسية فى أماكنها المناسبة بعضها بجوار بعض الأطوار الأولى فى تكوين الأعضاء ، ويصبح الجنين عندئذ فى مرحلة تسمى نيوريولا . ويظهر بوضوح على السطح الظهرى تكوين الأنبوبة العصبية وهى التى يتأثر تكوينها بوجود الحبل الظهرى تحتها .

فى السهيم يشغل الاكتودرم العصبى منطقة كبيرة بيضاوية على السطح العلوى الظهرى للجاسترولا ( شكل ٥٢ هـ ، و ) . ثم تلتف الحافات الجانبية لهذه المنطقة الى اعلى . فى السهيم ( وليس فى الفقاريات الحقيقية ) ينفصل أكتودرم الجلد عن الاكتودرم العصبى بتكوين الثنيات . تنمو حافتا الاكتودرم على كلا الجانبين وسطيا فوق المنطقة العصبية وتتقابلان اخيرا لتكونا طبقة كاملة من الجلد فوق قمة الحيوان . وفى نفس الوقت تلتف الى اعلى الحافتان الجانبيتان للاكتودرم العصبى ، ثم تتقابلان حيث تكونان بذلك الانبوبة العصبية ( شكل ٦٥ ) . وتبقى النهاية الأمامية مفتوحة لبعض الوقت مكونة ما يسمى بالثقب العصبى . والوضع عجيب فى الخلف ، فهاتان الثنيتان العصبيتان اللتان تقفلان فوق الثقب الجرثومى تتركان النهاية الخلفية للمعى على اتصال بتجويف الأنبوبة العصبية عن طريق القناة المعوية العصبية ( شكل ٦٦ ) . وفى التكوين المتأخر عندما يتكون الذيل تقفل هذه القناة .

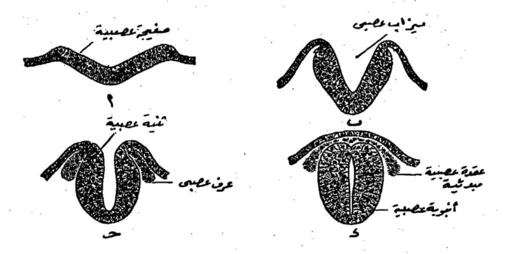
تظهر معظم الفقاريات نوعا من تكوين الأنبوبة العصبية يختلف عن ذلك الخاص بالسهيم ، وذلك لأن الثنيات العصبية لا تنفصل تماما عن الأكتودرم الأصلى ولو انها تصل اخيرا الى نتيجة متشابهة ( اشكال ٦٢ جـ ، د ، ٦٤ ، ٧٠ ب ، ٧٢ جـ ) . وتكون الثنيات فى أثناء عملية الالتفاف اعرافا عصبية عليا على كل جانب ، وتقتطع منها كتل من الخلايا الى الداخل . وتكون بعض هذه الخلايا تراكيب عصبية والبعض الآخر له تاريخ مختلف كما هو مبين بالفصول الآتية ، وتنشأ ايضا عناصر الأجهزة العصبية المستقبلة




شكل ٦٣ ـ ا ، ب تكوين الأغشية الجنينية فى الطيور والزواحف النهاية الامامية الى اليسار ـ . ا ـ طور مبكر . ارتفع الجنين الى حد ما عن المح ولكن تجويف المعى الحقيقى وكيس المح متصلان اتصالا متسعا ، وكيس المح غير تام التكوين . ثنية الأمنيون والكوريون غير تامتى التكوين . الالنتويس واضح . ب ـ طور متاخر والأغشية الجنينية متكونة وقد قل المح جزئيا . ج ، د ـ أشكال مشابهة للتكوين فى نوع من الثدييات كما ترى فى الرئيسيات . ج ـ طور بعد البلاستيولا المبينة فى شكل ٥٦ هـ . تنفصل كتلة الخلايا الداخلية من الجهة البطنية لتكون تجويف المعى ـ ويشمل هذا الجزء الأكبر من تكوين الجاسترولا ـ كما تنفصل ظهريا لتكون تجويف الأمنيون . ويكون الجنين بين هذين التجويفين قرصا يتكون فيه الخط البدائى كما فى الطيور والزواحف . ظهر الميزودرم فعلا . وكذلك الخمائل الكوريونية التى تؤدى الى الاتصال مع جدار الرحم المحيط بالجنين . د ـ طور متاخر فى التكوين فى الثدييات يماثل ب ـ س ـ تجويف السيلوم .

والتراكيب الحسية كصفائح ــ تغلظات فى الاكتودرم الجنينى على جانبى منطقة الأنبوبة العصبية التى تفصل نفسهـا عن السطـح السفلى للجلـد مستقبلا .

**تكوين الميزودرم** : يكون الميزودرم الجزء الأكبر من كتلة الجسـم . وباستثناء المخ والنخاع الشوكى فان ما يكونه الاكتودرم لا يزيد عن الجزء السطحى من الجلد . وباستثناء كتلة انسجة الكبد والبنكرياس فان مايكونه الاندودرم لايعدو شريطا رفيعا من البطانة الطلائية للمعى . وكـل ما فى الجسم عمليا ينشأ من الميزودرم ــ العضلات والنسيج الضام والأنسجة الهيكلية والدورية والبـولية والتناسـلية . واذا قارنا ذلك بمنزل فان الأكتودرم يمثل الطلاء الخارجي وجهاز الأسلاك ، فى حين يمثـل الأندودرم طلاء الأرض وورق الحائط وربما موقد المطبخ . أما ما يتبقى بعد ذلك من هيكل ورصاص وتغليف حتى الواح الأرض والأعشاب والطـلاء فتمثـل بمشتقات الميزودرم .

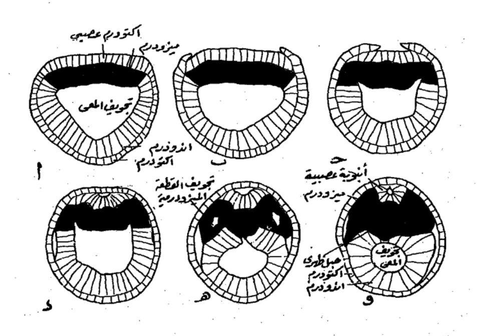



شكل ٦٤ ــ تكوين الأنبوبة العصبية والعرف العصبى كـما ترى فى حيوان فقارى مثالى ( ثديى ) . مجموعة من القطاعات العرضية فى أطوار جنينية متتابعة ( عن آرى ) .

يوصف الحبل الظهرى احيانا كتركيب مستقل منفصل عن الطبقـات الجرثومية الكبرى . ويعتبر الميزودرم الحبلى هنا جزءا من الميزودرم ، ولكنه سيصبح فى طور مبكر جدا كشريط طويل واضح من الخلايا يقع على طول

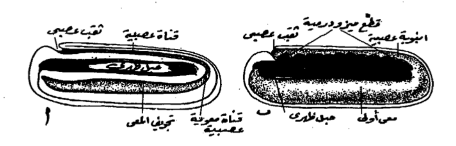
سقف المعى الأولى . وسرعان ما يلتف هذا فى القطاع ليصــل الى ما يميزه كاسطوانة مستديرة طويلة ( أشكال ٦٢ ج ، د ، ٦٥ جـ ـ و ، ٦٦ ، ٦٩ ) ويتضاءل الحبل الظهرى فى الفقاريات العليا أو قد لا يوجد مطلقا فى الحيوانات اليافعة ولكنه يبقى واضحا فى كل حالة لمدة اثناء النمو الجنينى . وتتضح اهميته الأولى فى ان وجوده هو العامل الذى يؤثر فى الأنسجة التى فوقه لتكون الأنبوبة العصبية .

ويكون الميزودرم فى السهيم بخلاف الحبل الظهرى ـ وكما قد وصف من قبل ـ سلسلة من القطع الزوجية يحتوى كل منها على تجويف سيلومى ( شكلى ٦٥ ، ٦٦ ) . ويختلف هذا النظام فى الفقاريات الحقيقية اختــلافا بينا : فلا ينقسم الميزدروم اولا الى قطع ميزودرمية ، ولا يتكون اى تجويف سيلومى ، ويندفع الميزودرم على كل جانب كطبقة صماء ، وينمو الميزودرم فى البيض متوسط المح على كل جانب كنصف اسطــوانة متتبعــا تقــوس الجسم الى أسفل ثم الى الداخل فى الخط الوسطى ا.بطنى ( أشكال ٥٨ ، ٦٧ ا ، ب ، ٦٩ ) . وينتشر الميزودرم فى انواع البيض كثير المحوفى الثدييات




شكل ٦٥ ـ مجموعة من القطاعات العرضية تبين تكــوين الجيــوب الميزودرمية والأنبوبة العصبية فى السهيم ( القطاعين هـ ، وتخطيطين الى درجة ما حيث أن القطع على كلا الجانبين متبادلة فى الوضع ) (عن سير فونتين)

على الجانبين فى القرص الجنينى المفلطح ( شكل ٦٢ أ ، ب ) ويستمـر فى الرهليات الى الخارج داخل الاغشية الجنينية الزائدة ، وفى الأطوار المتاخرة فقط يكون الجنين سطحا سفليا يسمح لطبقتى الميزودرم الجانبيتـين فى الالتقاء بطنيا .




شكل ٦٦ ـ اجنة السهيم فى طور تكونت فيه الأنبوبة العصبية وتميز الميزودرم . ا ـ قطاع طولى عمودى ب ـ منظر طولى بعـد ازالـة الجلد الأكتودرمى ولـكن التراكيب الداخليـة تركت كمـا هى ( عن سيرفونتين وكونكلين ) .

ويظهر هنا فى كل الفقـاريات تخصص الميزودرم من الخط الوسطى الظهرى الى اقسام ثلاثة يمتد كل منها على طول الجـذع . فتلى الأنبوبة العصبية والحبل الظهرى كتل سميـكة من الميزودرم تكون على كـل من الجانبين سلسلة من القطع الميزودرمية ( أشكال ٦٢ جـ ، د ، ٦٧ جـ ، ٧٢ جـ ، د ، ٧٣ جـ ) تشبه تلك القطع الخاصة بالسهيم . وهذا هو أول مايشير الى التعقيل الصحيح فى جسم الفقاريات ، ويظهر أن ما يرى من تعقيل فى الأعضاء الأخرى للفقاريات هو نتيجة لتأثير القطع الميزودرمية وذلك بخلاف ما ينتج مستقبلا من الترتيب التسلسلى فى مكونات الخياشيم .

وسرعان ما يظهر التميز داخل كل قطعة ( شـكل ٦٨ ) اذ تتفصص الخلايا عند الركن الوسطى البطنى مكونة منطقة من نسيج جنينى من ذلك النوع المسمى ميزنكيم ، وهو يمتد حول الحبل العصبى والحبـل الظهرى مكونا كثيرا من تركيب الهيكل المحورى . ونتيجة لهذا فان الجزء من القطع الميزودرمية المقصود هنا يسمى بالقطعة الهيكلية . وبالمثل تتلاشى الطبقة

الخارجية من القطعة ، ويظهر أن خلاياها تأخذ دورا فى تكوين النسيج الضام للجلد ومن ثم تسمى بالقطعة الأدمية ، وما يتبقى من القطعة الميزودرمية بعد فقد هاتين المنطقتين يسمى القطعة العضلية وهى التى ستتميز لتكون العضلات المحورية .

وفى الجهة البطنية أو الجانبية للقطع الميزودرمية توجد منطقة من الميزودرم ضيقة نوعا ما تكون النسيج الكلوى وهو النسيج الذى ستتكون منه الأنابيب الكلوية وقنياتها ، وكذلك الأنسجة العميقة من المناسل . وقد تكون هذه المنطقة كشريط طولى غير متقطع ولكنه يكون فى بعض الحالات سلسلة من التراكيب الصغيرة العقلية هى القطع الكلوية ( أشكال ٦٢ د ، ٦٧ جـ ، ٦٩ ) .

وتمتد بطنيا او جانبيا تبعا لطريقة النمو وخلف منطقة تكوين الكلى قطعة كبيرة من الميزودرم هى الصفيحة الجانبية ( شكل ٦٧ جـ ) . ولا تنقسم هذه الى عقل ( ما عدا فى دائريات الفم ) . وهى فى البداية عبارة عن قطعة صماء من النسيج ؛ ولكنها تنشق أخيرا ويتكون بداخلها التجويف السيلومى الذى يحيط بمعظم الأحشاء فى الحياة اليافعة ( شكل ٦٢ جـ ، د ) . ويسمى الميزودرم الخارجى بالاضافة الى الأكتودرم المجاور بالمغلف الجدارى ، اما طبقة الميزودرم الداخلية بالاضافة الى الاندودرم فتسمى بالمغلف الحشوى.

وتظهر فى أثناء كثير من النمو الجنينى بين الطلائيات وكتل أنسجة الاعضاء الكبرى مسافات فارغة نسبيا يملأها سائل . وتنتشر فى هذه المسافات شبكة متشعبة من خلايا نجمية الشكل تكون الميزنكيم وهو النسيج الضام الجنينى . ويتكون الكثير من هذه الخلايا بتفصص القطع الجسمية، ولكن تضاف اليها ايضا زيادات من الصفيحة الجانبية . واصل هاتين الطبقتين ميزودرمى . ومن ثم كان انتاج الميزنكيم من خصائص الطبقة الجرثومية . ولكن الاكتودرم ــ كما هو مبين فيما بعد ــ وكذلك الاندودرم أيضا ينتجان انسجة من هذا النوع ، وذلك لأن انتاج الميزنكيم لا يقتصر على منطقة واحدة أو طبقة جرثومية واحدة .

الميزنكيم هو أكثر الأنسجة تعددا فى نشاطه ، فهو لا يعطى فى الحيوان اليافع النسيج الضام فحسب ولكنه يعطى أيضا الهيكل الصلب وكل الجهاز الدورى وحتى الكثير من الجهاز العضلى .

## شكل الجسم والأغشية الجنينية

**السهيم والفقاريات الدنيا** : بالوصول الى طور النيوريولا الذى وصف من قبل يكون الجنين قد استقرت به الأسس الهامة فى تكوين أجهزة الأعضاء الكبرى ، وسنتكلم عن تاريخها المستقبل فى فصول آتية . ونتيجة لذلك سوف لا نسترسل هنا فى أية تفاصيل عن تكوين الجنين بعد ذلك ؛ ولكننا سنصف فقط بطريقة مختصرة الوصول التدريجى الى شكل الجسم الواضح وطبيعة الأغشية الجنينية الهامه فى النمو الجنينى للبيض كثير المح .

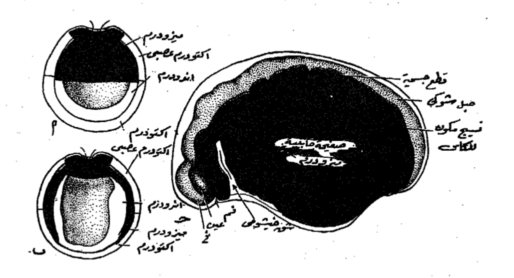
وجنين السهيم فى طور النيوريولا له شكل اسطوانى قصير . وبقيـة القصة ــ كما تبدو ظاهريا ــ هى استطالة الجسم وخاصة بنمو الذيل من الجهة الخلفية حيث تمتد فيه القناة العصبية والحبل الظهرى كما يستمر فيه تكوين القطع الميزودرمية ، فى حين يتكون الفم والخياشيم المعقـدة التركيب فى الجزء الأمامى .

وكذلك تشبه النيوريولا فى أنواع البيض متوسط المح كتلة كروية مع تكوين سريع للجهاز العصبى فى الجهة الظهرية بينما يبرز البطن مع المح من الجهة البطنية . وبنمو المخ تتكون معظم منطقة الراس ، ومن الخلف يتكون معظم الذيل كما يحدث فى السهيم . ولا تصبح النيوريولا طويلة قبل أن يتم تكوين شكل الجسم فى صورة تشبه شكل الحيوان اليافع ( شكل ٧٠ )

وفى الأسماك الشبيهة بالقرش ( شـكل ٧١ ) ليست النيوريولا الا صفيحة تشبه الفطيرة تقع فوق قمة كتلة من المح مع وجود خط وسطى تميزه الأنبوبة العصبية المتكونة . وترتفع النهاية الأمامية للجسم عن الصفيحة بنمو المخ كما تفعل أيضا النهاية الخلفية مع تكوين الذيل . ويبـدأ الجسم ينزع نفسه من أسفل عن المخ الذى لا يزال متصلا به بساق تحتـوى على امتداد من تجويف المعى . ويستمر الاندودرم فى النمو بسرعة فى نفس الوقت ( مغطى خارجيا بطبقة رفيعة من الاكتـودرم والميزودرم ) فوق سطح المح

المحصور داخل كيس المح . ويهضم المح ويمتص تدريجيا ، ومن ثم يتضاءل كيس المح ثم يختفي .

**الزواحف والطيور :** يضع الطائر أو الزاحف بيضه على الأرض، ولهذا تحتاج هذه الرهليات الى تكيف للحياة الجنينية فى الوسط الهوائى أكثر من ذلك المطلوب فى الوسط المائى . وبالاضافة الى القشرة الواقية تتكون سلسلة من الأغشية التى تقدم للجنين الحماية وتساعده فى نشاطه الأيضى .



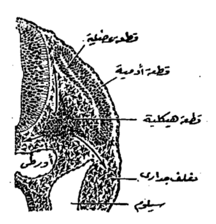

شكل ٦٧ ــ تكوين الميزودرم فى البرمائيات . أ ــ قطاع فى جاسترولا البرمائيات الذيلية اخذ عرضيا فى منطقة الثقب الجرثومى ويوضح التفاف الميزودرم الى الجدر الجانبية للمعى الأولى . وهو يشبه أساسا الوضع فى السهيم فى نفس الطور شكل ٥٢ ج أو د . ب ــ طور متأخر ، بدلا من أن يكون الميزودرم جيوبا جوفاء كما فى السهيم ( شكل ٦٥ ) يصل الى وضعه المتوسط بالاندفاع الى أسفل والى الأمام بين الاكتودرم والأندودرم . ج ــ جنين متأخر فى البرمائيات بعد تكوين الأنبوبة العصبية كما يرى من الجنب ( الجلد منزوع ) . يكون الميزودرم شريطا طويلا مستمرا على كل جانب من جانبى الجسم . يبدأ الجزء الظهرى فى الانقسام الى قطع . الجزء من الميزودرم الذى سيكون انسجة الكلية فيما بعد موضح بخط متقطع . الصفيحة الجانبية تقطعها فى الأمام الشقوق الخيشومية .

( أ ، ب عن هامبورجر . ج ــ عن أولمان ) .

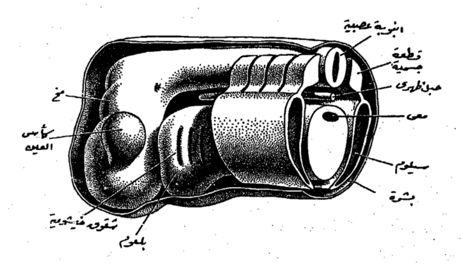
( شكل ٦٣ أ ، ب ) يتكون كيس مخ يشبه كثيرا السكيس الخاص بالقرش . ولكن قبل أن يكتمل نمو هذا الكيس تنشأ أغشية جنينية أخرى تتكون من كل من الاكتودرم والاندودرم تدعمها أنسجة ميزودرمية . فتنمو ثنيات من الأكتودرم الى أعلى لتكون كيسا مغلقا يملؤه سائل ، ويسمى هذا الكيس بالأمنيون . وينمو الجنين داخل هذا الكيس فى صورة مصغرة لتلك البركة التى كان ينمو فيها أسلافه . وتمتد هذه الطبقة الخارجية من الأكتودرم لتضم كل التراكيب الجنينية فى غشاء واحد هو الكوريون . ويتكون أخيرا غشاء ثالث جديد يظهر فى هذه المرة كنمو من الاندودرم بالقرب من النهاية الخلفية للقناة المعوية ، وسرعان ما يمتد هذا الغشاء ليكون كيسا كبيرا هو الألنتويس . ويعمل تجويف الألنتويس كمثانة جنينية ، ولكن أهم من ذلك بكثير أنه يقوم بوظيفة عضو تنفسى . ويعمل الغشاءان الكوريونى والألنتويسى كسطح رئة لتبادل الغازات مع الهواء الجوى عن طريق القشرة المسامية . وساق الألنتويس مزودة بأوعية دموية كثيرة تساعد فى تأدية هذه الوظيفة التنفسية . وبتكون هذه الأغشية يتخذ الجنين شكلا ، وينمو داخل هذا التجويف المتمدد للأمنيون(شكلى٦٣ب،٧٢ جـ،د

**الثدييات** ( اشكال ٦٣ جـ ، د ، ٧٣ ، ٧٤ ) : لقد أشرنا فى التكوين المبكر للرئيسيات العليا كمثال للثدييات الى حلقة خارجية من الخلايا هى الطبقة الأكالة ، ثم ما يتكون بعد ذلك بقليل من تجويفين تبطنهما طبقة طلائية أعلى وأسفل القوص الجرثومى الذى سيتكون منه الجنين . ولا تغلف هذه الأغشية بأنسجة ميزودرمية الا متأخرا وبعد مضى بعض الوقت ، وفيما عدا ذلك فهى تساوى تماما الكوريون والأمنيون وكيس المح على التوالى . ويتكون الأمنيون وكيس المح كما يتكون فى الزواحف والطيور تماما ، الا أن كيس المح هنا فى الحقيقة لا يحتوى على مح ، ويتكون العضو الأخير من سلسلة الأغشية الرهلية وهو الألنتويس متأخرا بعض الوقت من النهاية الخلفية للمعى ليقع تحت الكوريون . ومع نمو الجنين وتمدد التجويف الأمنيونى حوله يصبح كيس المح وساق الالنتويس متصلين فقط مع الجسم بمكونات حبل سرى رفيع .

والفرق الكبير بين حيوان ثديى مشيمى واقربائه من الرهليات هو تكوين المشيمة التى تحل محل الرئة الجنينية فى الزواحف والطيور . وكما



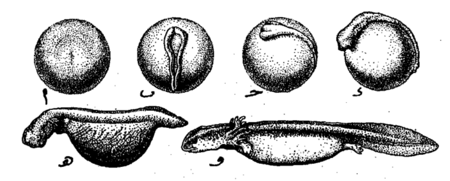

شكل ٦٨ ـ نصف قطاع فى جنين ثديى يبين انقسام القطع الميزودرمية الى قطعة عضلية وقطعة أدمية وقطعة هيكلية . وتبين الأسهم اتجاه نمو الميزنكيم من القطع الهيكلية لتكون الفقرات والضلوع . الحبل الظهرى الصغير موجود فوق الأورطى . وهناك أيضا جزء من جدار المعى تحت هذا الوعاء الكبير ( عن آرى ) .



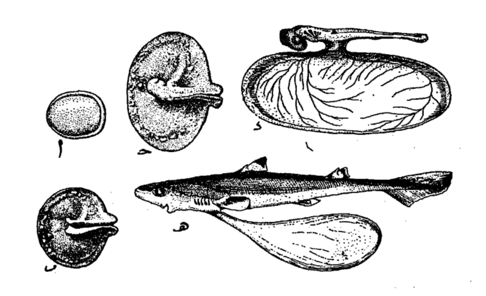

شكل ٦٩ ـ شكل مجسم لجنين ( خاصة من النوع متوسط المخ ) بعد التميز الجزئى لمكونات الميزودرم والجهاز العصبى . ( عن وادينجتون ـ اساسيات علم الأجنة ) .

هي الحال في تلك المجاميع يلتحم السطح الخارجي للالنتويس مع الكوريون. وساق الألنتوس مزودا بكثير من الأوعية الدموية . ومع ذلك فالمواد التي تحملها هذه الأوعية ليست اوكسيجينا فقط ولكن هي كل الامداد الغذائي الخاص بالجنين . ويتصل السطح الخارجي للكوريون اتصالا وثيقا بأنسجة الجدر الرحمية ، ويتم هذا عادة باستطالات تشبه الأصابع ( الخمائل ) . وفي هذه الانسجة المشيمية المتحدة يتم تبادل المواد بين الأوعية الدموية المتجاورة تماما في كل من الأم والجنين .

**اليرقات :** يتم التكوين بسرعة في الفقاريات ذات المح الكثير حتى تصل الى تركيب الحيوان اليافع ، ولا بد أن يكون الصغير عند الولادة صورة واضحة المعالم مصغرة تشبه الأصل اليافع . وسرعان ما تصبح له القدرة على أن يعيش كما يعيش أبواه . وليست الحال هكذا في كثير من الفقاريات الدنيا التي تعيش في الماء والتي يكون فيها الامداد المحي محدودا مثل الجلكي وكثير من الأسماك العظمية والبرمائيات . وتتعرض الصغار للهلاك عند الفقس لدقة حجمها ، وقد لا تكون لها القدرة على ان تتغذى كما يتغذى ابواها . وتبعا لذلك يوجد غالبا طور يرقي محشور في تاريخ الحياة يعيش فيه الحيوان الصغير معيشة تختلف تماما عن معيشة الحيوان اليافع ، وقد



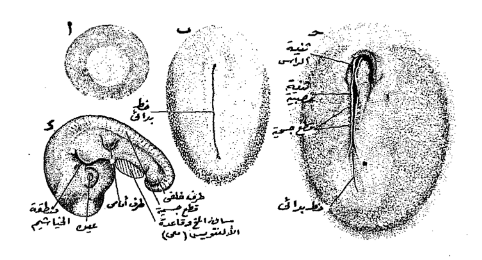

شكل ٧٠ ــ تكوين شكل الجسم في نوع من البيض متوسط المح ــ البرمائي الذيلي نيكتورس . ا ــ جاسترولا متأخرة كما ترى من أعلى . نهاية الرأس أعلى . ب ــ تكوين الثنيات العصبية . جـ ــ منظر من الجانب الأيسر . تكونت الأنبوبة العصبية والمخ بارز الى أعلى فوق كيس ممتلىء جزئيا بالمح ، د ــ الرأس والجذع يأخذان شكليهما ظهريا . هـ ، د خطوات في تضاؤل المح الذي يملأ الكيس البطني واتخاذ الشكل الطبيعي . تظهر الخياشيم الخارجية والعين في هـ وتظهر الأطراف في و



شكل ٧١ ـ تكوين شكل الجسم فى القرش . أ ـ جـ مناظر ظهرية للقرص الخلوى الذى سيتكون منه الجنين ، المح الموجود تحت هذا القرص محذوف فى هذه الأشكال . أ ـ القرص الجنينى عند تكوين الجاسترولا . يلتف الأندودرم الى أسفل عند الحافات الخلفية والجانبية السميكة ( قارن بشكل ٥٩ ب ) . ب يكبر القرص وتتكون الثنيتان العصبيتان على **السطح العلوى** . جـ ـ تقفل الثنيتان العصبيتان الا عند النهاية الخلفية النامية . يرتفع جسم الجنين عن المح . الرأس والقطع الميزودرمية مرئية د ـ تكون تماما كيس المح ويتصل الجنين به بساق . العينان والشقوق الخيشومية واضحة . هـ ـ تكون الشكل الطبيعى تقريبا باستثناء ما يتبقى من كيس المح الصغير ( عن زيجلر ودين ) .

تكون له بعض التراكيب الخاصة لتلائم هذه المعيشة ، وأبو ذنيبة الضفدعة ويرقة الأموسيتس أمثلة شائعة لهذا . وتتلاشى الصفات اليرقية مع النمو ، وتظهر الصفات والتراكيب اليافعة ـ عملية التحور .

**التجدد** : قد فرضنا فى المقاطع السابقة استنتاجا أن الأعضاء والأجهزة عندما تتكون مرة تبقى ثابتة على الدوام الى حد ما . ولكن هذا بوجه عام أبعد عن الحقيقة حتى فى الظروف الطبيعية ـ فالتراكيب مثل الشعر والريش وخلايا البشرة بالجلد وخلايا الدم على سبيل المثال تفقد أو تستهلك ثم تستبدل ، ومن ثم فان عمليات النمو لبعض التراكيب قد تستمر طول

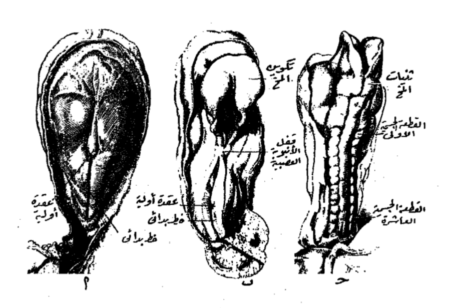



شكل ٧٢ ــ بعض الأطوار فى تكوين الرهليات كما ترى فى الزواحف والطيور . أ ــ قرص جرثومى صغير يقع على السطح العلوى للمح . ب ــ تكوين الخط البدائى واستطالة القرص الجرثومى ( قارن أشكال ٥٧ ط ، ٦٠ ب ، ٦١ ، ٦٢ ) . جـ ــ يكبر الجنين ليغطى جزءا أكبر من المح . ترتفع منطقة الرأس عن سطح المح ، تظهر الثنيتان العصبيتان والقطع الجسمية . الخط البدائى الآن أصغر نسبيا ولا يزال نشطا فى تكوين الجـزء الخلفى للجسم . د ــ منظر جانبى فى طور متأخر لدرجة عظمية يقارن بشكل ٦٣ب، . ينفصل الجنين عن المح إلا من ساق ( مقطوعة ) . تكون الكثير من تراكيب الرأس والجسم وظهرت براعم الأطراف ( ب ، د عن هيتنر ) .

الحياة . وأبعد من ذلك لو أن حادثا أو مرضا أتلف بعض الأنسجة ، فلكل حيوان فقارى القدرة على التعويض ، حتى الثدييات التى لا تلاحظ فيهـا هذه الظاهرة قد تتجدد مساحات كبيرة من الجلد ، وقد تنمو مرة ثانيـة خلايا الكبد التالفة ، ومن الناحية الأخرى نجد للبرمائيـات ذوات الذيل قدرات خارقة فى التجدد ، فقـد ينمـو طرف كامل بكل تفـاصيله ممـا يتبقى بالجسم من العضو المقطوع .

## ميكانيكية النمو

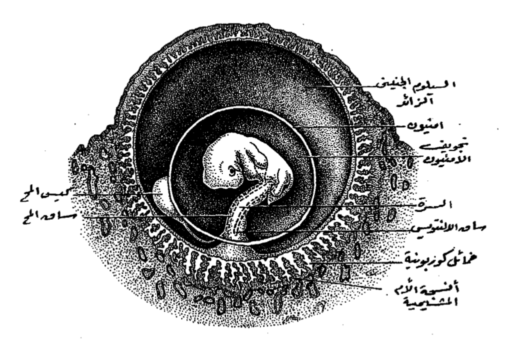
اعطينا فى الأجزاء المتقدمة من هذا الفصل وصفا لسلسلة من الحوادث التى تحدث أثناء تكوين حيوان فقارى بالترتيب ولكننا تكلمنـا قليـلا عن « لماذا ؟ » فيما يختص بهذه العمليات . والإجابة عن هذا السؤال هى أهم




شكل ٧٣ – سلسلة من الأجنة المبكرة للانسان تبين اطوارا فى تكوين الثدييات . كل الأشكال الثلاثة مناظر ظهرية للجنين بعد ازالة الأغشية الجنينية . ا – طور الخط البدائى الذى يشبه ما فى شكل ٧٢ ب – لطائر أو زاحف . ب – طور متأخر لا يزال الخط البدائى فيه تشبطا من الخلف ، ولكن الأنبوبة العصبية اكثر تكوينا من الامام . ويشبه هذا الطور شكل ٧١ ج الخاص بالقرش ولكنه ليس متقدما تماما كما هى الحال فى شكل ٧٢ ج الخاص بالطائر . ج – طور اكثر تقدما . الأنبوبة العصبية تكاد تكون مقفلة تماما وتكوين القطع الميزودرمية اكثر تقدما . ( عن هيسر ووست وكورنر ) .

الموضوعات التى تشغل بال علماء الأجنة هذه الأيام . تكوين الفرد من بيضة تبدو بسيطة فى ظاهرها الى حيوان يافع معقد معجزة اصبحت شائعة لدرجة اننا نعتبرها شيئا عاديا . وعندما يحدث حادث فى هذه العملية المنظمة جدا نميل الى حل هذا اللغز أو نشغل انفسنا بما يحدث من نمو شاذ . وقد نتعجب بالأحرى من أن عملية التكوين تتم عادة بمقدرة تلفت النظر . ولا تزال ميكانيكية النمو فى معظم الحالات سرا من الأسرار ، كما ان حل المشكلات الكيماوية والطبيعية التى تحدث أثناء هذه العمليات هى المهمة الرئيسية لعلم الأجنة الحديث .

وللبيئة كما يظهر تأثير كبير فى سير التكوين الذى يتم داخليا فى الغالب . ومن الممكن ان تعتبر العوامل الوراثية التى تحملها الكروموسومات هى المسئولة اساسا عن نظام التكوين – وخاصة تلك الآتية من الام ، لأن تلك




شكل ٧٤ ــ شكل تخطيطى يبين تكوين جنين من الرئيسيات داخل اغشية . والطور المبين هو من الأطوار التى يكون فيها الجنين متقدما تكوينا ولكنه لا يزال صغير الحجم .

التى تاتى من الأب والتى تدخل مع الحيوان المنوى فيظهر انها تؤثر فقط في مرحلة متأخرة نسبيا فى التكوين . لأن البيضة ــ حتى قبل دخول الحيوان المنوى ــ « منظمة » طبيعيا لبعض العمليات ، وهى مستعدة عندما يحفزها دخول الحيوان المنوى الى السير فى اتجاه هدف محدود .

وعندما يبدأ انقسام الخلية ويستمر تظهر الاختلافات المنطقية ( نسبة الى المنطقة ) البيض منظما ومحددا فى مرحلة مبكرة جدا فى بعض مجاميع اللافقاريات حتى انه عند الانقسام او قبله تكون كل خلية مهيأة لتكوين جزء محدد من الحيوان اليافع ولا تعطى شيئا آخر . التنظيم المبكر اقل تحديدا فى الفقاريات ، ومع ذلك فكل خلية جنينية او منطقة تفقد قدراتها الكثيرة المتشعبة عاجلا او آجلا ، وتزداد قدراتها تحديدا فى مجال اضيق واضيق من الامكانيات . ويستطيع الانسان ان يميز مناطق البلاستيولا التى ستصبح فى الظروف العادية طبقات جرثومية خاصة او اعضاء كبيرة فى الحيوان اليافع ( شكل ٥٧ ) الا أن هذه الخلايا المقصودة ليست محددة القدرات فى ذلك الوقت . وعلى سبيل المثال اذا استطعنا فى طور البلاستيولا لحيوان برمائى ذيلى مبادلة قطعة من الانسجة التى ستعطى جلدا مستقبلا بقطعة

من الأنسجة التى ستعطى الحبل العصبى مستقبلا فان الأنسجة المزروعة لها القدرة على متابعة نفس مصير المكان الذى زرعت فيه . ويختلف الأمر عند نهاية الجاسترولا ، فان هاتين القطعتين تكونان محددتى المصير بلا نقص أو رجوع . وتبقى قطعة أكتودرم الجلد كما هى اذا زرعت فى منطقة الانبوبة العصبية ، وينمو نسيج الأنبوبة العصبية كأنبوبة عصبية اذا ز ع فى منطقة الجلد . كما لو أن كل خلية مرت بسلسلة من الطرق المتفرعة ، وعند كل تفرع لا بد وأن تأخذ طريقا أو آخر . وفى طريقها الى اهدافها المستقبلة الممكنة تصبح أكثر واكثر تحديدا .

ويظهر أن الاستمرار فى التحديد يتأثر بمؤثرات مختلفة . فقد تتأثر الخلايا بمكانها الطوبوغرافى فى « الحقل » الذى تحدث فيه عمليات خاصة ، أو قد يتأثر التمييز فيها بما يجاورها من أنسجة او تركيب . وعلى سبيل المثال يتأثر تكوين الأنبوبة العصبية بما يوجد تحتها من ميزودرم حبلى . ويعتمد تكوين عدسة العين فى مرحلة متأخرة من التكوين على وجود الحويصلة البصرية فى بعض الحالات ( قارن الفصل ١٥ ) . وقد تتأثرالقدرة على الاستجابة لمثل هذه المؤثرات الكيميائية أو الطبيعية بالدرجة التى وصلت اليها الخلايا او النسيج المقصود من التخصص الهيستولوجى أو الكيماوى . وقد تكون التغيرات التى تحدث نتيجة لهذا التأثير تغيرات هستولوجية ابعد للخلايا المعنية او تخصصا منطقيا لانسجة خاصة أو تكوين تراكيب عضو خاص .

## نشأة الفرد ونشأة النوع

يلاحظ فى الأيام الأولى للدراسة الجنينية ان الحيوانات تختلف كثيرا كحيوانات يافعة ولكنها تتشابه فى المظهر والتركيب كأجنة ، وأن جنين الحيوان الفقارى الأعلى غالبا ما يحتوى على صفات تشبه تلك التى ترى فى الحيوانات اليافعة للمجموعات الادنى . ومن هذه الملاحظات ظهرت فكرة قانون « استعادة الحياة » الذى يقول أن تكوين الفرد ـ نشأة الفرد ـ يعيد تاريخ السلالة ـ نشأة النوع ـ أى ان الحيوان فى تكوينه يصعد شجرةعائلته بظهور اطوار جنينية متتابعة تمثل الأطوار البالغة لأنواع الأسلاف .

واستمر هذا القانون عشرات من السنين دافعا هاما للدراسةالجنينية ولدراسة التماثل فى التركيب . وقد اظهرت اعتبارات ابعد من ذلك انه يمثل

نصف الحقيقة . ويشبه الجنين الثديى فى طور مبكر السمكة فى بعض الصفات كوجود خياشيم ظاهرة مثلا تتضاءل بعد ذلك أو تتلاشى . ولكنه فى الحقيقة قليل الشبه بالسمكة اليافعة لأن الجيوب الخيشومية لا تفتح على السطح ولا تكون أغشية خيشومية . ولكن الثدييات تشبه جنين السمكة لا السمكة البالغة . ويميل التكوين لأن يكون عملية محافظة ، ولكى يتخلص من تاريخه القديم يلجأ الى محاولات وطرق حقيقية تكون نتيجتها عادة الفشل والموت . ونتيجة لذلك قد يتبع حيوان ما فى تكوينه نفس الطريق الذى سلكه أسلافه ولكنه قد ينحرف عند النهاية فقط ليصل الى الحالة اليافعة المختلفة تماما عن الهدف الأصلى . ويعيد تكوين الفرد أطوارا عديدة هامة فى نظام تكوين الأسلاف. وهو يستعيدها فى أثناء تكوينه، وخاصة اذا كانت مفيدة له تركيبيا أو وظيفيا أثناء النمو .

ولا بد ان نتذكر مع ذلك ان الأجنة واليرقات وكذلك الحيوانات اليافعة لا بد وأن تتكيف لتلائم الوسط الذى تعيش فيه ، وتبعا لذلك فكثير من التراكيب التى لا توجد فى أطوار النمو قد لا تكون موجودة على الاطلاق فى اى سلف يافع . فمثلا لا يجر سلف القرش أو سلف أى حيوان زهلى تحت جسمه كيسا للمح كذلك الموجود فى الجنين ، وكذلك من غير المحتمل أن الخياشيم الريشية الخارجية ليرقة السلامندر كانت موجودة فى أى سلف يافع من الأسماك على الأطلاق .

وأخيرا بالرغم من الطبيعة المحافظة العامة لعمليات التكوين قد توجد تحورات واضحة فى الأحداث الجنينية المتتابعة التى قد تكون لها صلة بالاحتياجات المشكلة القوية فى الحياة الجنينية . وكمثال واضح لهذا طريقة تكوين الأغشية الجنينية فى الثدييات . فطريقة تكوينها فى الأسلاف تشبه بالتأكيد ما هو موجود فى الزواحف والطيور . وتصل الثدييات الى نفس النتائج الأخيرة ولكنها غيرت نظام تكوينها لاحتياجها السريع الى تكوين المشيمة .

## الطبقات الجرثومية

كانت نظرية الطبقات الجرثومية أهم وأول تصور مثمر فى دراسة علم الأجنة . ومن الممكن ان نميز فى الجنين المبكر الاكتودرم والاندودرم على انهما طبقتا الجسم الخارجية والداخلية بمقارنتهما بتلك التى تكونان وحدهما جسم الجوفمعويات ، ولكن سرعان ما تتكون طبقة ثالثة ، طبقة وسطى ،

يتكون منها كثير من مواد الجسم فى كل الحيوانات فوق مستوى الجو فمعويات وسنتمسك فى هذا الفصل بنظرية الطبقات الجرثومية هذه ونؤكد مع ذلك الانفصال المبكر بين الجلد والجزء العصبى من الاكتودرم والطبيعة المميزة للميزودرم الحبلى . ومن الممكن بوجه عام فى الفقارى اليافع تقسيم انسجة الاعضاء وأجهزتها تبعا لاشتقاقها من الطبقات الجرثومية . وسنذكر التفاصيل والاستثناءات فى فصول آتية .

من اكتودرم الجسم : الجزء السطحى من الجلد ( البشرة ) وامتداداتها فى نهايات القناة الهضمية ( الفم ومنطقة المجمع ) ، والتراكيب الجلدية الطلائية مثل الشعر والريش .

من الاكتودرم العصبى : الجهاز العصبى وشبكية العين ومشتقات أخرى من العرف العصبى .

من الميزودرم : الأنسجة الضامة والهيكلية والعضلات والجهاز الدورى واغلب الاجهزة التناسلية والبولية وبطانة التجاويف السيلومية والحبل الظهرى .

من الاندودرم : بطانة المعى ومادة الغدد المشتقة منها ( الكبد والبنكرياس ) وكثير من جهاز التنفس من خياشيم ورئات .

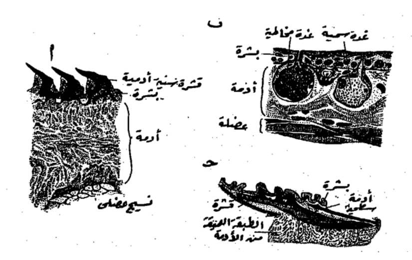
كان يظن يوما ما بأن نشأة انواع الانسجة المختلفة كانت مقصورة تماما على واحد أو آخر من الطبقات الجرثومية . ومع ذلك فقد اكتشفت فى السنوات القريبة استثناءات مختلفة فى ظروف طبيعية وتجريبية ، وهناك ميل الى حد ما للتخلى عن فكرة الطبقة الجرثومية واعتبارها كشىء لا معنى له ولكن مع ذلك هذا دفاع يائس . وعلى العموم نجد انه فى التكوين الطبيعى تتبع الخلايا الجنينية والأنسجة نظاما جامدا من التحركات المنطقية وترتيب للمكونات . وإذا كان لا يوجد شىء اكثر فان تسمية الطبقة الجرثومية يفيد كوصف لطوبوغرافية التكوين . وهى فى الحقيقة اكثر من هذا ، فقد اظهرت الدراسة التجريبية وجود اختلافات قليلة بين المناطق المختلفة للطبقات الجرثومية الجنينية فى الأطوار المبكرة . الا ان القدرات تزداد تحديدا فى المناطق المختلفة فى الاطوار المتأخرة . والامل المنتظر أن التكوين الطبيعى للطبقات الجرثومية والمساحات الاضافية لهذه الطبقات تتبع بوجه عام القصة الناتجة من التجارب لقدراتها المنتظرة .

الفصل السادس

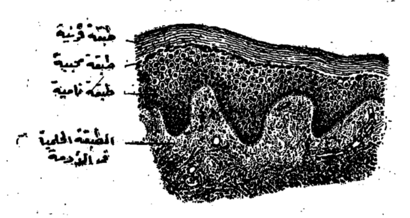
# الجـــــلد

يغطى الجلد وتراكيبه الاضافية كل الجسم ، وهو عضو جهازى يقوم بوظائف هامة متعددة ؛ فهو غطاء جامد ضد الاضرار وهجمات الأعـــداء المفترسة . وهو خط دفاع مستمر ضد غزو الكائنات الدقيقة ، كما يدفع عن الجسم العوامل الطبيعية والكيماوية الضارة . واخيرا قد يلعب دورا ايجابيا بطرق عديدة، منها تنظيم كمية الماء بالجسم وكمية الملح ودخول الأكسجين والتخلص من البقايا . والجلد كجزء من الجسم على اتصال مباشر بالوسط الخارجى ؛ فهو مركز هام للاعضاء الحسية . ولو أن الجهاز العصبى بعيد عن السطح فى الحيوان اليافع الا انه ينشأ كما رأينا من أكتودرم الجـــلد ويستمر معه .

والجلد ليس تركيبا واحدا مستقلا ، ولكنه يتكون من جزئين متصلين تماما وان اختلفا فى النشأة والطبيعة ، وهمـــا : البشرة والأدمة . البشرة أكتودرمية النشأة ، وهى سطحية ، وغالبا ما تكون طلائية فى طبيعتها . أما الأدمة التى تقع تحتها فهى ميزودرمية النشأة ، وهى منذ بدايتها تركيب ليفى . البشرة رقيقة ، أما الأدمة فتضم تراكيب مختلفة مثل الشعر والريش والغدد المختلفة ، وهى بسيطة ومتجانسة فى التركيب .




شكل ٧٥ ــ قطاعات فى الجلد أ ــ القرش ــ ب السلامندر . جـ ــ سمكة عظمية ( عن رابل ) .

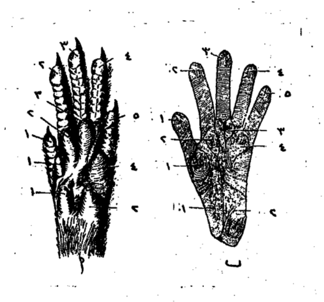



شكل ٧٦ ـ قطاع عرضى فى جلد كتف الانسان . مكبـر ١٢٥ مرة . بالاضافة الى الطبقة النامية والطبقة القرنية يوجد ( هنا ) فى الثديات وفى مناطق عديدة من الجلد طبقة محببة وسطى فى البشرة . وفى بعض المناطق يوجد ـ بالإضافة الى ذلك ـ طبقة شفافة ( الطبقة الرائقة ) بين الطبقـة القرنية والطبقة المحببة ( عن ماكسيمو وبلوم )

**البشرة :** تتكون البشرة فى السهيم والنصف حبليات من طبقة واحدة من الخلايا العمودية ، فى حين تتكون البشرة من طلائية مصففة فى كل الفقاريات الحقيقية . وتبقى البشرة تركيبا بسيطا فى الأسماك والبرمائيات التى تعيش فى الماء اذا استبعدنا العناصر الغدية ، ويتكون كل سمك البشرة من خـلايا « حية » تحتوى على بروتوبلازم طبيعى . وقد يوجد هنا وفى الفقـاريات الراقية صبغة داكنة هى الميلانين ( تنشأ بالتحول من الخلايا الملونة الآدمية )، وتشمل الخلايا السطحية كمية معينـــة من الكيراتين ( مادة بروتينيـــة موجودة بكثرة فى اغلفة قرون الماشية وفى اظافر الأصابع والتراكيب المماثلة ). وتتعرض هذه الخلايا الى الفناء نتيجة للتآكل أو الاصابات ، وهى تتجـدد باستمرار من أسفل نتيجة للتبرعم الدائم للطبقات المتتالية من الطبقـــة القاعدية للبشرة . ويجدد التمزق السطحى للبشرة بسرعة ، ولكن اذا كانت الاصابة بالغة كالجروح العميقة فانها تتلف جزءا كبيرا من هذه الطبقـــة القاعدية « الأم » ، عندئذ تصبح تغطية اللحم بالجلد عملية صعبة أن لم تكن مستحيلة ، والبشرة الرطبة لكثير من الفقاريات الدنيا نفاذة الى درجة ما ، وتقوم فى اغلب البرمائيات الحديثة كعضو تنفسى كبير مزود بكثير من الأوعية الدموية التى تقع عميقة فى الجلد .

وقد تغيرت البشرة مع فرض تحديد الحياة الأرضية لبعض البرمائيات والزهليات ( شكل ٧٦ ) . ولما كان فقد الماء عملية هامة أصبح سطح الجلد جافا وغير نفاذ ، وتبقى الخلايا الداخلية تراكيب « حية » ، ولكن عنـــد الاقتراب من السطح تصبح الخلايا أكثر تفلطحا واقل حيوية ويملؤهـــا الكيراتين . وقد تنفصل الطبقة الخارجية من الخلايا وتفقد قطعة قطعة ( قشور الرأس مثـــال لذلك ) أو قد تنفصـــل موسميا كما فى الزواحف والبرمائيات ، وقد يكون الانتقال بين الأجزاء الداخلية والخارجية تدريجيا كما فى البرمائيات التى تعيش على الأرض والزواحف والطيـور . ويوجد فى الثدييات مع ذلك تباين حاد ( شكل ٧٦ ) بين المنطقة الداخلية من الخـلايا الحية « الطبقة النامية » وبين طبقة الخلايا الميتة المفلطحـة على السطح « الطبقة القرنية » .

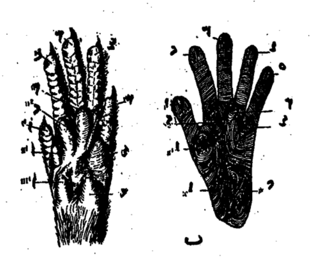
تراكيب الجلد الكيراتينيـــة : تتحول الطلائيـــة الممتلئة بالكيراتين فى الفقاريات الراقية الى عدد من التراكيب الخاصة . وقد تكون ابسط هذه التراكيب هى التغلظات أو الانتفاخات فى الطبقة القرنية كما هى الحال على سبيل المثال فى ثآليل الضفدعة أو فى وسائد الأقدام التى توجد على السطح




شكل ٧٧ ـ سطح راحة اليد لحيوان ( أ ) آكل حشرات و (ب) قرد ( مكاك ) . يبين آكل الحشرات تركيبـــا بدائيـــا مع وسائد سميكة على كل من جانبى الطرف القريب لراحة اليد III III ووسائد بين قواعـــد الأصابع المتتالية II II ووسائدعلى طرف كل اصبع I I فى الرئيسيات العليا تستبدل هذه الوسائد بنقوش من حيود الاحتكاك . ( عن ويبل )

السفلى للقدم فى كثير من الحيوانات التى تعيش على الأرض . فى الثدييات ( شكل ٧٧ أ ) توجد مثل هذه الوسائد على قاعدة كل اصـــبع ، أو بجانبه هذه القاعدة بالاضافة الى زوج على الطرف القريب من راحة اليد أو الكعب، فى الرئيسيات تغطى راحة اليد أو الكعب بدلا من هذه الوسائد بنقوش من حيود الاحتكاك ( شكل ٧٧ ب ) التى تساعد الانواع التى تعيش على الأشجار فى الحصول على قبضة قوية لفروعها . أما فى الانسان فالاختــلاف الكبير فى بصمات الأصابع وسيلة واضحة فى تمييز الشخصية .

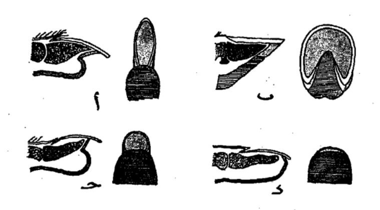
التغلظ وازدياد الطلائية القرنية فى الزواحف يؤديان الى تكوين القشور القرنية أو الحراشيف ( شكل ٧٨ ) . وتتراكب القشور عادة فى العظاءات « السحالى » والثعابين ، ويصل هذا التراكب الى مستوى أعلى فى الثعابين ليعمل كمساعد على التحرك . وعلى العكس من ذلك توجد صفائح قرنيـــة مفلطحة فى التماسيح والسلاحف . ولا بد أن نؤكد أن هذه التراكيب القرنية البشرية لا تشابه القشور العظمية الأدمية فى الأسماك ، ومع ذلك توجـــد قشور أدمية عظمية فى كثير من السلاحف تحت التراكيب القرنية السطحية، وفى السلاحف تكون الصفائح القرنية غطاء سطحيا لدرع الجسم .



شكل ٧٨ ــ قطاعات بيانية لجلد الزواحف تبين انواع القشور . ا ــ جلد العظاءة « السحلية » مع قشور ادمية قرنية بسيطة متراكبة برفق . ب ــ قشور قرنية عميقة التراكب لنوع من الثعابين . جـ ــ نوع من القشور موجود فى كثير من الزواحف مع قشور عظمية تحت القشـــور القرنية . ( عن برا ) .

اختفت القشور القرنية من معظم الجسم فى الثدييات والطيور ، وهى باقية مع ذلك على الأرجل فى الطيور وعلى الأرجل والذيول فى ثدييات مختلفة وخاصة القوارض . ويمتاز الحيوان المسمى بأم قرفة Pangolin وهو من الحيوانات الاستوائية فى الدنيا القديمة كحيوان ثديى قد كون مرة ثانية جسما مغطى غطاء جسديا من الحراشيف الكبيرة القرنية .

المخالب والأظافر والحوافر تراكيب بشرية قرنية تغلف أطراف اصابع الرهليات ( شكل ٧٩ ) ، وهى تنمو باستمرار الى الخارج من طبقة نامية تحت أو عند قاعدة هذا التركيب كلما تآكل الطرف البعيد . وتحت طرف المخلب أو الظفر تقع طبقة أنعم وموادها القرنية أقل تسمى تحت الظفر .




شكل ٧٩ ـ قطاعات طولية ومناظر بطنية للعقل الطرفية فى الثدييات توضح تركيب المخلب والظفر والحافر ـ عقل الأصابع : منقطة تحت الظفر : نقط رفيعة ، بشرة السطح البطنى للقدم مخططة ، بشرة السطح العلوى والمادة القرنية للظفر : بيضاء . أ ـ مخلب نوع من آكلات اللحوم . ب ـ حافر حصان . جـ ـ ظفر الرئيسيات المثالية . د ـ ظفر الانسان . ( عن بوا ) .

المخلب : يشبه القطاع فيه الرقم ٧ وهو مدبب عند الطرف ، وهذا هو النوع الاساسى ، أما الظفر فهو تحوير متسع . والحوافر تكوينات من مميزات الثدييات ذوات الحافر والتى تمشى على أطراف الأصابع .

القرون والتراكيب المشابهة منتشرة جدا وخاصة بين الثدييات ذوات الحافر . ويشاهد الفرق الحقيقى فى أفراد فصيلة الماشية التى تشمل الأغنام والماعز والتياتل . وقلب القرن عبارة عن شوكة من العظم تنشأ من الجمجمة ويغطيها مخروط اجوف من البشرة يتكون من المواد القرنية

الحقيقية . ولا يبدل ابدا القلب ولا الغلاف . ولو ان مناطيح الغزلان تركيبات مختلفة تماما الا انها غالبا ما تسمى قرونا . وتتكون من عظم فقط عند تمام نموها ، وتغطى فى اثناء هذا النمو فقط بجلد على شكل قطيفة ، ولا توجد مادة قرنية حقيقية وكنقطة أخيرة فى الاختلافات يمكن ان نقول ان مناطيح الغزلان متفرعة وتبدل سنويا .

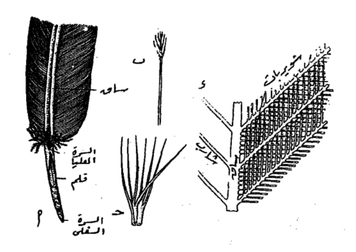
ولا تزال توجد انواع اخرى من القرون بين الثدييات ، وتشاهد كذلك تراكيب مشابهة فى الزواحف وحتى فى الطيور ولو انها اكثر شيوعا . ونذكر على سبيل المثال القرون العظمية المغطاة بالجلد والتى لا تبدل والموجودة فى الزراف ، وكذلك قرون وعل الشوك الأمريكى Prongbuck التى تتكون من غلاف قرنى متفرع يبدل وقلب بسيط لا يبدل ، وكذلك قرن الخرتيت وهو عبارة عن كتلة ملتحمة من حلمات قرنية تشبه الشعر .

الريش : وجود الريش هو العلامة المميزة للطيور . وقد نشأ ريش الطيور كما يعتقد من حراشيف الزواحف ، وهو ينشأ اولا من البشرة ويؤدى وظيفتين كبيرتين فى حياة الطيور . وكغطاء للجسم فهو وسيلة عازلة فعالة تساعد على تنظيم درجة الحرارة ، كما ان طيران الطائر يصبح ممكنا بتكوين ريش كبير يكون سطح الجناح ودفة الذيل .

ومن الممكن تمييز ثلاثة انواع من الريش ( شكل ٨٠ ) وهى الريش الزغبى والشعرى والغطائى . وقد يوصف أولا الريش الأكبر والأكثر شيوعا وهو الريش الغطائى ، ولو انه اكثر تعقيدا . ويتكون معظم الريشة اليافعة من خلايا بشرية قرنية تماما . اما القاعدة ، وهى القلم ، فعبارة عن اسطوانة جوفاء يملأ تجويفها النخاع — وهو بقايا المواد الميزودرمية الموجودة هنا اثناء تكوين الريشة . وتوجد فتحة تسمى السرة على كل من نهايتى القلم . ويقع القلم فى غمد وهو حفرة اسطوانية تمتد الى اسفل داخل الأدمة يحيط بها غلاف من البشرة .

ويبرز بعد القلم الجزء العريض من الريشة وهو النصل . ويمتد المحور بما يسمى الساق ، وهو على العكس من القلم تركيب اصم (غير مجوف) ويمتد على كلا الجانبين افرع الساق الكبيرة وهى الشوارب ، ويتشابك كل شارب فى معظم الطيور مع الشوارب المجاورة بواسطة افرع رفيعة تسمى الشويربات ، وهى تحمل خطافات . وفى الطيور التى لا تطير مثل النعام تصبح الغطائيات الناعمة غير ضرورية فى الأجنحة ، وفى الشكل الانسيابى

للجسم. عندئذ تكون خطافات الشويربات ضعيفة التكوين . ويصبح الريش الغطائى ريشا متهدلا .

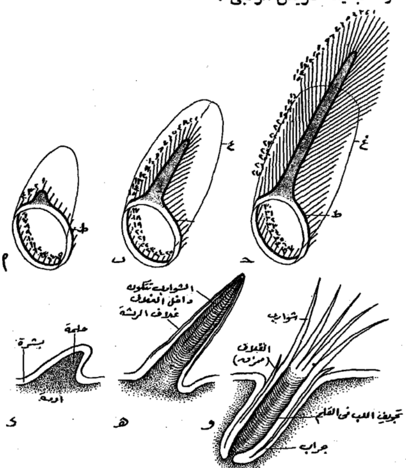



شكل ٨٠ ــ الريش . ا ــ الجزء القريب من الريش الغطائى . ــ ب ــ الريش الشعرى . جـ ــ ريش زغبى . د ــ شكل تخطيطى لجزء من الريش الغطائى يبين الترتيب التداخلى الشويرباث ( عن جاو وبوتشلى ) .

والريش الزغبى الذى يكون غطاء كل الجسم فى الكتكوت كما يقع تحت الريش الغطائى فى اغلب جسم الطائر اليافع وربما كطبقة عازلة يشبه الريش الغطائى فى التركيب ولو انه ابسط تكوينا . وكما هى الحال فى الريش الغطائى يوجد قلم ولكن لا يوجد ساق ، وبدلا من ذلك توجد خصلة من الافرع الرفيعة . والريش الشعرى ــ الريش الدبوسى ــ ابسط تركيبا ، فله ساق رحيدة تشبه الشعرة وتنتهى بخصلة رفيعة من الشوارب .

يشبه تكوين الريشة فى الأطوار الجنينية الاولى ( شكل ٨١ ، ذلك الخاص بقشرة او حرشفة الزواحف من حيث تكوين حلمة مخروطية الشكل من البشرة فى داخلها انسجة ميزودرمية . ومع ذلك فان لتكوين الريشة بعد هذا نظاما يختلف كثيرا عن القشرة ؛ اذ تغوص هذه الحلمة الى الداخل مكونة غمدا يستمر تكوين الريشة داخله . وعند تكوين الريش الزغبى يكون الجزء من المخروط الموجود فى الغمد القلم ، وتصبح البشرة اسطوانة قرنية ، ويبقى ما تحتويه من انسجة ميزودرمية لبا مغذيا حتى تنضج الريشة . وتنفصل ، مع ذلك ، الطبقة الطلائية الخارجية البعيدة كغلاف ، من الطبقة

الداخلية العميقة التى تنفسم الى عدد من الحيود الطولية السميكة . وعندما يتم النمو يتمزق هذا الغلاف وتنطلق حيود البشرة من تحته لتصبح الخيوط المنتشرة البعيدة للريش الزغبى .

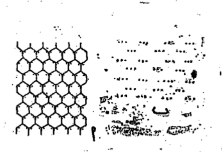



شكل ٨١ ــ تكوين الريشة . د ، هـ ، و مقاطع تخطيطية فى أطوار متتابعة فى تكوين ريشة زغبية . يبدأ التكرين على شكل حلمة ميزودرمية تغوص بعد ذلك داخل غمد . تنفصل الطبقة المغطية الاكتودرمية الخارجية كغلاف رفيع للريشة . ويكون ما يتبقى من الاكتودرم عند القاعدة أنبوبة جوفاء ستصبح فيما بعد القلم . أما الجزء البعيد فينقسم الى عدد من الأعمدة المتوازية . وبتمزق الغلاف تنطلق هذه الأعمدة كشوارب . أ ، ب ، جـ رسوم توضيحية تبين تكوين الريش الغطائى الذى يتم بنفس النظام الخاص بالريش الزغبى . يبدأ نمو الريشة عند قاعدة طوق اكتودرمى ( ط ) تمتد منه اعمدة متوازية من الأنسجة داخل غلاف الريشة ( غ ) كما هى الحال فى الريش الزغبى . يشذ من هذه الأعمدة عمود قوى ( منقط ) ينمو ليصبح الساق . اما الأعمدة المتوازية من الانسجة فتنمو بالتتابع ( كما هو مبين بالأرقام ) على هذه الساق لتصبح الشوارب ( أ ، ب ، جـ عن ليلى وجين ) .

وتكوين الريش الغطائى أكثر تعقيدا ولو انه متشـــابه اساسا . يتكون مخروط كما هى الحال فى الزغب ، ويبقى جزؤه القريب بسيطا فى طبيعته ليكون القلم مستقبلا ، وينفصل فى نفس الوقت الجزء البعيد من البشرة الى غلاف سطحى ومجموعة عميقة من الحيود الطولية تنشأ من قاعدة « الطوق » عند نهاية منطقة القلم . تكوين كل التركيب المعقد داخل الغـــلاف ( شكل ٨١ ، ا ـ ج ) . وينمو من الطوق حيد مسيطر واحد ليكون الساق مستقبلا ، بينما تتحرك الحيود الأخرى التى تتكون من الطوق على هـــذا الساق لتكون الشوارب. اما الشويربات فتتكون بعد ذلك كنمو من الشوارب. وعندما يتم تكوين الريشة داخل الغلاف يتمزق بعد ذلك ، اما الريشـــة فتفك ببساطة لتتخذ شكلها العام .

ويستمر تغيير الريش طيلة الحياة من عقدة قاعدية فى الحلمة عند قاع الغمد كام للريش . وقد يكون التغيير تدريجيا ومستمرا . ولكن فى كثير من الطيور وخاصة تلك التى تعيش فى المناطق المعتدلة والقطبية فهناك ظاهرة موسمية لتغيير الريش .

**الشعر** : الشعر فى الثدييات يماثل الريش فى الطيور كجهاز عازل يتكون من بشرة قرنية . ويختلف التركيبان اختلافا بينا فى اعتبارات أخرى . فهناك اختلاف فى التكوين ، فبعكس ما هو موجود فى الطيور لا يتـــدخل الميزودرم فى تكوين الشـــعر الا فى تكوين حلمة قاعدية . ويختلف الشـــعر عن الريش فى انه ليس تحورا من القشور القرنية ولكنه عناصر تركيبية جديدة

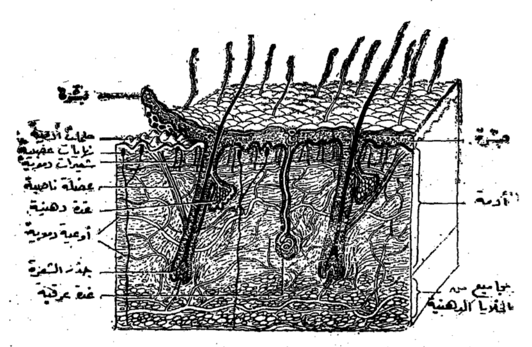


شكل ٨٢ ـ نظام الشعر فى الثدييات يبين افتراض نشأته من تراكيب تتكون فى المساحات بين القشور . ا ـ جزء من الذيل ذى القشـــور فى زباب الشجر ( Tree Shrew ) . الشعر ( مبين بالنقط ) فى هذا المكان . ب ـ جلد المـــارموست ( Marmoset ) والشعر مرتب بنظام مشـــابه بالرغم من عدم وجود القشور ( عن دى ميزير ) .

من الجلد ، ومن المحتمل ان يكون الشعر قد ظهر قبل ان يفقد أسـلافنا من الزواحف غطاءها القشرى . وفى مثل هذه الثدييات التى تحتفظ بالقشور يوجد الشعر ناميا بنظام ثابت بين القشور ، وحتى عندما تكون القشـور غائبة ( كما هى العادة ) يبقى نفس نظام الشعر ( شكل ٨٢ ) .

وتتكون الشعرة المثالية من ساق بارز وجذر داخل حفرة فى الأدمـة تسمى جراب الشعرة . ويتكون كل من الساق والجذر أساسا ( ما عدا عند القاعدة الداخلية ) من خلايا بشرية ميتـة متحولة تماما الى مادة قرنيـة ، ويوجد حول الجذر الغلاف الذى قد يتكون ( كما هو مبين فى شكل ٨٣ ) من طبقات عديدة من البشرة والأدمة .

ويتمدد الجذر عند القاعدة مكونا بصلة جوفاء تضم الحلمة الأدمية التى تحتوى على الأوعية الدموية والنسيج الضام . وتحيط بالبصلة طبقـة قاعدية من خلايا حية بشرية الأصـل ، وهى منبت الشعرة التى منهـا تتفصص الخلايا التى تكون جذر الشعرة وساقهـا . وبجوار غمد الشعرة توجد غدة دهنية تصب بداخله المواد الزيتية ( قارن صفحة ١٧٤ ) . ولكل شعرة أيضا عضلة صغيرة تقف الشعرة بانقباضها ( كما يسبب شدها للجلد ما يسمى بالقشعريرة ) .




شكل ٨٣ ــ قطاع فى جلد الثدييات يبين الشعر خاصة والغدد والتراكيب الاضافية

فى التكوين الجنينى للشعرة ( شكل ٨٤ ) لا توجد حلمـة بارزة يملؤها الميزودرم كما هى الحال فى الريش ، ويوجد بدلا من ذلك نمو الى الداخـل لعمود مصمت من خلايا البشرة ، ويتكون عند قاعدة العمود منبت الشعـرة




شكل ٨٤ ـ أغمدة الشعر فى جنين انسان عمره ثلاثة اشهر يبين اطوارا متتابعة فى التكوين فى أ ، ب ، جـ

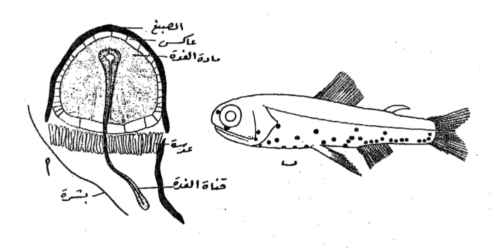
وكذلك حلمة ميزودرمية ، كما يصبح اعلى عمود الخلايا الطلائية اجوف ليكون ساق الشعرة . ولا يزيد الشعر عن الريش من حيث الدوام ، فأغلب الشعر يسقط ويحل محله شعر آخر طيلة الحياة ، اما بعملية تدريجية واما تغيير موسمى للفروة . ويتم الامتصاص فى البصلة ويبـدأ نمو جديد للشعرة من خلايا النبت .

ويحتوى كل الشعر الى درجة ما على حبيبات ملونة . الميلانين الذى ينشأ من الخلايا الادمية الملونة هو المـادة الشائعة ، وهـو يكون بتركيزات مختلفة ظلالا بنية وسوداء . كما أن هناك مواد ملونة مشابهـة تسبب اللون الاحمر . وقد تخفف من كثافة اللون فقاقيـع الهواء الموجودة فى الشعر ، وعندما تكون هـذه الفقاقيع كثيرة مع قلة الحبيبات الملونة يصبح الشـعر رماديا أو ابيض .

ويختلف شعر الثدييات فى أمور عديدة ـ فى السمك والطول والخشونة، وكذلك فى انتشاره فى مناطق الجسم وفى ترتيبه وفى قلته فى أماكن مختلفة وهكذا . والشعر المستدير المقطع يميل الى أن يصبح مستقيما ، واذا كان قوى التكوين يصبح حظارات حساسة ( كما فى شوارب القطط ) أو شعرا خشنا أو أشواكا للحماية . أما الشعر المفلطح أو البيضاوى المقطع فينثنى بسهولة وقد يصبح مجعدا أو يكون غطاء صوفيا .

**غدد الجلد :** تتكون تراكيب غدية فى بشرة الجلد فى جميع الثدييات ـ وتوجد عادة خلايا تفرز مخاطا ، وهذه الخلايا واسعة الانتشار فى الأسماك والبرمائيات ، وتأخذ شكل غدد مخاطية حوصلية فى البرمائيات . وفى حالات نادرة نسبيا يصاحب غدد السم الموجودة فى الأسماك تراكيب شوكية عادة . فى كثير من البرمائيات توجد غدد تفرز السم على درجات مختلفة من السمية، وتسمى هذه بالغدد المحببة لأن بروتوبلازم الخلايا المفرزة به حبيبات . .

ويوجد فى أسماك الأعماق تكوين غير عادى هو أعضاء الاضاءة ـ حاملات الضوء ( شكل ٨٥ ) وهى قد تخيف الأعداء أو تعمل كطعم لجلب الغذاء أو قد تؤدى الى التعارف وقت التزاوج . وتبدو هذه التراكيب كأنها غدد مخاطية متحورة ، وقد تنمو أعضاء اضاقية تشمل عاكسا بظهر

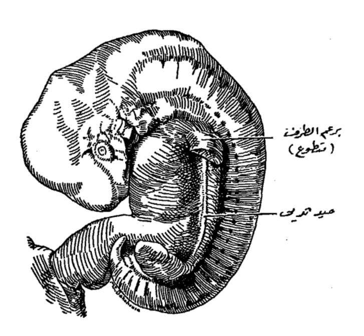



شكل ٨٥ ـ قطاع فى عضو الضوء فى سمكة عظمية ( سيكلوثون ) ، يبين جزءا من القناة التى تؤدى الى الداخل من سطح الجسم . ب ـ أعضاء الضوء لسمكة عظمية صغيرة ( ميكتوفم ) والأعضاء ملونة باللون الأسود . ( عن برورير ) .

ملون وعدسة ، وهى بذلك تشبه الى حد كبير تركيب الكشاف الضوئى فى السيارة . وقد يكون انتاج الضوء اما نتيجة لوجود بكتيريا فوسفورية واما الى عمليات اكسدة معقدة فى الخلايا الغدية .

الغدد فى جلد الزواحف الصلب الجاف ضعيفة التكوين ، وهـذا حقيقى أيضا فى الطيور الا من حيث وجود غدة زيتية تفرز مادة دهنية وتوجد فوق جذر الذيل . وتظهر مع ذلك أنواع جديدة متعددة من الغدد فى الثدييات . وتصاحب غمد الشعرة غدد دهنية ( شكل ٨٣ ) وقد توجد أيضـا فى أماكن خالية من الشعر . وتفرز غدد العرق ( شكل ٣ / ) افرازا مائيا يحتوى على الجلد تؤثر تأثيرا كبيرا فى تنظيم حرارة الجسم .

وهناك نوع آخر من الغـدد ــ وهو ذلك النـوع الذى تسمى الثدييات فى الحقيقة باسمها ــ وهى الغدد التى تنتج اللبن وتسمى الغدد الثـديية . ويظهر انها غدد عرقية متحورة ، وهى جيدة التكوين فى أنثى كل مجموعة . ويوجد فى وحيدة المخرج ببساطة حزمتان من غدد مختلفة تصب افرازاتها فى منخفض على سطح البطن ،وفى المجموعات الأخرى تتركز فتحات الغـدد كلها فى حلمات بارزة . ويبدأ التكوين الجنينى لهذه الغدد عادة كزوج من الانتفاخات الطولية التى تسمى الحيود الثديية ( شكل ٨٦ ) تمتد بطنيا على طول الجذع ، وقد يحدث أن يتركز عدد مختلف من هـذه الانسجة فى نقط مختلفة . ويتناسب عادة عدد الأثداء مع عدد الصغار التى تولد . وعندما يكون عدد الصغار قليلا تصبح هذه الأثداء اما بطنية الوضع كما فى كثير من حافريات القدم وأما فى منطقة الصدر كما هى الحال فى الرئيسيات العليـا . وفى بعض الحيوانات مثل الخنازير وكثير من آكلات اللحوم حيث تكون الصغار كبيرة يوجد عندئذ صفان طوليان من الحلمات . وتحتوى غدة اللبن النشطة المثالية على حزمة من الحويصلات تخرج منها قنـوات تؤدى الى السطح . وتطلق كلمة « حلمة » عادة على تلك الأنواع التى تؤدى فيها القنوات مباشرة الى طرف الثدى . وفى الثدى ( كما فى البقر ) تفرغ القنوات فى مستودع للتخزين ، ومن ثم تؤدى قناة كبيرة الى السطح .




شكل ٨٦ ــ جنين ثديى يبين الحيود الثديية أو خط اللبن ( عن آرى )

**الأدمة** : الأدمة أسمك من البشرة ولو انها اقل اختـــلافا فى التركيب ( شكل ٨٣ ) . وتتكون الأدمة فى معظم الحيوانات أساسا من نسيج ضـــام كثيف ، والأدمة هى المـادة التى تصبح بعد معالجة مناســـبة « **الجلد** » المعروف تجاريا . وعادة ما يكون الجزء العميق من الأدمة نسيجا مفككا ، وغالبا ما يكون مركزا لتكوين الأنسجة الدهنية . والدهن مادة عازلة جيدة ، ويعمل شحم الحوت فى هذه الحيوانات عمل الشعر فى هذا المجال .

تنشأ فى الثدييات خاصة انسجة من العضلات المخططـة تستمد من عضلات الجسم التى تحتها ، وقد تتصل هـــذه بالسطح السفلى للجلد . وحساسية الجلد نتيجة لوجود الياف عصبية فى الأدمة ( ونادرا فى البشرة ) ينتهى بعضها حرا وينتهى بعضها فى الثدييات غالبا بحويصلة حســـية . الأوعية الدموية كثيرة على شكل شبكة من الشعيرات الدموية والليمفيـــة . ويسمح هذا الامداد الدموى الكبير ــ فى الحيوانات ذات الجلد الرطب ــ بتبادل المواد مع الوسط المحيط ، ويعمل الجلد كعضو تنفسى كبير فى كثير من البرمائيات وفى بعض الأسماك العظمية .

ويكون نسيج الأدمة الضام السميك عضو دفاع قويا ضد الأضرار ، ويحل محل هذه الطبقة مع ذلك الى درجة كبيرة في الأسماك العظمية وسائل دفاع أقوى على شكل أشواك او صفائح عظميـــة ، وهى اجزاء من الهيكل الأدمى الذى سيوصف هذا في الفصل التالى . وهذه الدرع الأدمية ــ فيما عدا الجمجمة ومنطقة الكتف ــ مختصرة أو غير موجودة فى كل الفقاريات التى تعيش على الأرض ( والسلاحف من الشواذ المعروفة ) . وكذلك لا توجد هذه الدرع فى دائريات الفم وفى القروش الا من حيث وجود قشـــور سنية صغيرة مدفونة فى جلد الحيوانات الأخيرة .

وقد يفترض المرء بسهولة أن الحالة الليفية للأدمة ، والتى هى اكثر شيوعا في الفقاريات الحديثة ، ظاهرة بدائية ، وأن وجود العظم فى الأدمة ظاهرة ثانوية . وكما رأينا مع ذلك فى قصة تطور الفقـــاريات انها توحى بقوة بأن العكس هو الصحيح . فقد كانت اقدم الفقاريات المعروفة مدرعة ، ومن المحتمل جدا ان غياب الدرع الادمية فى الحيوانات اللافكية العائشـــة وفى القروش هو نتيجة للانحلال .

**الخلايا الملونة :** لون الجلد فى الفقاريات تحت مستوى الثـــدييات أو الطيور هو نتيجة ــ الى درجة كبيرة ــ لوجود خلايا خاصـــة حاملة للون هى الخلايا الملونة التى توجد فى الجزء الخارجى من الأدمة ( شكل ٨٧ ) . وهذه الخلايا نجمية الشكل غالبا وتحتوى على حبيبات عديدة . وتشمل الأنواع الشائعة على ما يأتى :

( ١ ) حاملات الميلانين حبيبات بنية داكنة . و ( ٢ ) حامـــلات اللون الاحمر بها حبيبات حمراء او صفراء . و (٣) حاملات الجوانين التى لا تحتوى على حبيبات ولكن على بلورات صغيرة ينعكس الضوء عليهـــا فتحدث تغيرا يؤثر فى المواد الملونة . وكل الالوان المختلفة تقريبا فى الأسماك والبرمائيـــات والزواحف هى نتيجة لوجود الخلايا الحاملة للون من هذه الأنواع الثـــلاثة الموجودة بأعداد وترتيبات مختلفة . وقد يحدث تغير عجيب فى اللون فى عديد من الحالات ــ الحرباء حيوان مثالى فى هذا المجال ويساويها فى نفس المجال سمك موسى من حيث نظام واختلاف الالوان التى يستطيع أن يتلون بهـــا . وتنتج هذه التغيرات جزئيا من تغير فى وضع الخلايا الحاملة للون من الأنواع الثلاثة ، ولكنها اساسا نتيجة لتغيرات فى انتشار الحبيبات الملونة داخـــل

الخلية نفسها . فاذا كانت الحبيبات منتشرة كان التأثير بالغا ذروته . واذا تجمعت الحبيبات فى كتل كان اللون أفتح . وقد يكون تغير اللون نتيجة لتغير لون الوسط معتمدا على تعليمات تصل الى المخ عن طريق العيون ثم تنتقل الى الخلايا الحاملة للون بواسطة الهرمونات ( وخاصة من الغدة النخامية ) أو بأعصاب الجهاز العصبى السمبتاوى أو ( كما هى الحال فى الأسماك العظمية ) بالطريقتين معا .




شكل ٨٧ — منظر مكبر لمنطقة من سطح جلد سمك موسى ترى بالضوء النفاذ يبين الأنواع الثلاثة من حاملات اللون الموجودة — حاملات الميلانين ( اللون الأسود ) وحاملات اللون الأحمر وبلورات الجوانين ( أو الخلايا القزحية ) . ( عن نورمان ) .

ولو أن حاملات اللون تقع فى الأدمة فان القصة الجنينية تبين ان فى كثير من الحالات — وربما فى الكل — ليست هذه الخلايا جزءا من نسيج الميزودرم . وهى تنشأ فى الجنين من العرف العصبى ثم تهاجر من هناك الى أماكنها الطرفية النهائية .

**تنظيم الحرارة :** تتم الوظائف الطبيعية لجسم الفقاريات فى حيز محدود من درجات الحرارة . وتتبع درجة الحرارة الداخلية درجة حرارة الوسط فى الفقاريات الدنيا ، ولو أنه من الممكن أن يكون هناك تنظيم بسيط . ولكن درجة حرارة الجسم فى الثدييات منظمة ويتحكم فيها « ثبات حرارى » عصبى فى منطقة تحت السرير من المخ ، وهكذا تختلف درجة الحرارة الداخلية قليلا عن الدرجة الطبيعية والتى لا تتعدى درجات قليلة من ١٠٠°ف

فهرنهيت . ومعظم الحرارة المفقودة تفقد عن طريق الجلد الذى يقوم بدور هام فى التنظيم فى هذا المجال . ونسيج الأدمة الضام ــ وخاصة انسجتها الدهنية ــ عازلة فى طبيعتها ، كما هى الحال مع الشعر والريش . وبالاضافة الى هذا يستطيع الجلد أن يقوم بدور ايجابى فى تنظيم الحرارة . فالشعر والريش منظمات للحرارة ، والبخر من غدد العرق له تاثير مبرد . والأهم من هذا هو الامداد الدموى بالجلد الذى يسيطر عليه الجهاز العصبى السمبتاوى فتتسع الشريينات والشعيرات فى الجلد المحمر وتفقد الحرارة بسرعة . ومع انقباض الشريينات ( كما هى الحال فى الجلد الأبيض ) يحتفظ الجسم بحرارته .

الفصل السابع

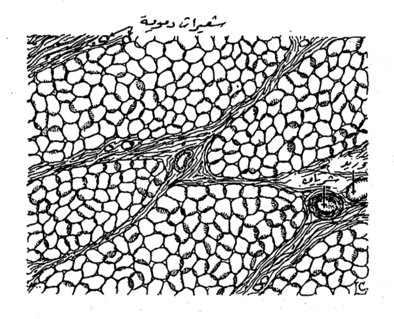
# الأنسجة الدعامية الهيكل

تتكون معظم الأنسجة التى لها نشاط وظيفى فى الجسم من الأنسجة الطلائية أو مشتقاتها ، لكن اذا ما تركب جسم الحيوان الفقارى من مثل هذه الأنسجة فقط فانه يصبح كتلة رخوة عديمة الشكل . فالجسم فى حاجة الى انسجة ضامة دعامية تساند وتقوى هذه الأنسجة الطلائية ومشتقاتها — خاصة فى الحيوانات اللامائية — لتعطيها القوة والدعامة . ويتناول هذا الفصل من الكتاب دراسة هذه الأنسجة الدعامية ومنها الحبل الظهرى الذى يميز الحبليات . والأنسجة الضامة واسعة الانتشار وهامة فى الجسم وأبرزها انسجة الغضاريف والعظم التى تكون الهيكل فى الفقاريات .

## الحبل الظهرى

الحبل الظهرى تركيب قديم ، يوجد حتى فى الحبليات الدنيا مثل السهيم ويرقات الغلاليات ، وكما سبق — أن أشرنا — ينشأ فى الأطوار الجنينية من الجزء الوسطى للأنسجة الميزودرمية ، ممتدا فى أجنة الفقاريات، من نقطة اسفل المخ الى الخلف على طول الجذع والذيل . وخلايا الحبل الظهرى طرية وجيلاتينية ، غير أن الحبل محاط بغلاف واغشية تجعل منه تركيبا قويا نسبيا بالرغم من مرونته . ويوجد حبل ظهرى حسن التكوين فى الطور اليافع لكثير من الفقاريات الدنيا — خاصة فى دائريات الفم — حيث يكون العمود الفقرى ضعيف التكوين ( اشكال ١٧ ، ١٠٦ ) ، وفى معظم الأسماك ورباعيات القدم ، تحل محل الحبل الظهرى تدريجيا العناصر المركزية للفقرات وهى التى تنمو حوله وتعطيه قوة أكبر مع قليل من المرونة . ومع تزايد نمو الفقرات تقل أهمية الحبل الظهرى للجسم . بالرغم من وضوح الحبل الظهرى فى الجنين فانه يصبح — فى معظم الحالات — محصورا أثناء النمو بالفقرات . وقد يمتد الحبل الظهرى فى كثير من الأسماك ورباعيات القدم البدائية بين اجسام الفقرات المتتالية لكنه يختنق خلال كل قطعة ، لدرجة أن حدوده الخارجية تشبه حدود مجموعة من زجاجات الساعة متراصة عند نهاياتها . وفى معظم الفقاريات يختزل الحبل الظهرى بدرجة أكبر ، حتى انه يتكون فى الطور اليافع من مواد جيلاتينية فقط قد تظل موجودة بين اجسام الفقرات المتتالية .




شكل ٨٨ : نسيج ضام فجوى ( عن ميلارد وكنج وشورز ، تشريح وفسيولوجيا الانسان ) .

## الأنسجة الضامة

بالرغم من عدم وجود ميزودرم حقيقى فى اللافقاريات الدنيا مثل الجوفمعويات ، فانه توجد بين الطبقة الخارجية والداخلية منطقة وسطية من مادة جيلاتينية ، واحيانا ليفية تحتوى على خلايا متناثرة . وتساعد مثل هذه المادة على اكتمال شكل الجسم ، وتقابل الميزنكيم أو الحشو الأوسط فى الجنين الفقارى . وتعتبر الأنسجة الضامة فى الفقاريات اليافعة من أهم نواتج الميزنكيم الجنينى ، فهى تقوى حشو الجسم كما تقوى طلائية كثير من الأعضاء . وابسط صورة لهذا النسيج ( شكل ٨٨ ) تتركب من نسيج مفكك له مادة إساسية جيلاتينية تحتوى على شبكة من **الياف شبكية** صغيرة متفرعة تفوقها وضوحا الياف اخرى **غروية** رفيعة وطويلة ولينة لكنها غير مرنة ، وتكونها خلايا مغزلية او نجمية الشكل من خلايا النسيج الضام ، تعرف بالخلايا الليفية . وفى حالات أخرى ، كما فى أدمة الجلد ( شكل ٨٣ ) ، يكون النسيج الضام متينا تنتشر به كتل كثيفة من الياف شبيهة باللباد . وتحتوى معظم الأنسجة الضامة على نسبة ضئيلة من **الألياف المرنة** الصفراء ، ويسود هذا النوع من الألياف فى حالات قليلة ، **فالأوتار** التى تتصل بكثير من العضلات تتكون من حزم من الياف النسيج الضام ، كما ان **الأربطة** التى تشبه الأوتار فى تركيبها تعمل على ربط القطع الهيكلية بعضها ببعض * . **واللفافة** عبارة عن صفائح من النسيج الضام تغلف العضلات والأجزاء الأخرى . أما **النسيج الدهنى** ( شكل ٨٩ ) فهو نسيج ضام متحور لتخزين الدهون ، يقع عادة تحت الجلد ، او فى ثنايا المساريقا حول اعضاء البطن .

## الأنسجة الهيكلية

يعتبر الهيكل على جانب كبير من الأهمية من الناحية الوظيفية ، أما من الناحية الفسيولوجية والكيماوية الحيوية فيظن انه جهاز عضوى خامل نسبيا . والتراكيب الهيكلية الصلبة التى تطورت فى اثناء نشوء المجموعات الحيوانية من الأنسجة الضامة ــ والتى تتكون اثناء نمو الفرد منها أو من الميزنكيم الذى يسبقها فى التكوين الجنينى ــ تعتبر حيوية فى ربط الأعضاء الرخوة وحمايتها ، كما تساعد على تدعيم شكل الجسم والحفاظ عليه . وتتصل جميع العضلات المخططة بالهيكل تقريبا ، ومن ثم يعتبر الهيكل العامل الذى تتم بواسطته حركات الجسم .

( * ) بعض المساريقا المتصلة بالاحشاء يطلق عليها أيضا أربطة .

**الغضروف** : هناك نوعان من الأنسجة الهيكلية يميزان الفقاريات، هما : الغضروف والعظم ؛ وبالرغم من أنهما مشتقات خاصة من الأنسجة الضامة ، وينشآن من الميزنكيم ؛ الا انهما يختلفان تماما فى طبيعتهما وطريقة نشأتهما .

**والغضروف الزجاجى** النموذجى ( شكل ٩٠ ) مادة لينة جلية ، ذات مظهر رائق شبيهة بالزجاج ؛ وتتركب **مادته الخلالية** المتماسكة اساسا من كربوهيدرات عديد التسكر يكون طبقة هلامية متماسكة تنتشر فيها شبكة من الياف النسيج الضام . وتتخلل ذلك تجويفات تحتوى على خلايا غضروفية مستديرة عادة ليست لها زوائد متفرعة كتلك التى تميز الخلايا العظمية . ولا توجد أوعية دموية فى معظم الغضاريف ، وعلى ذلك فالغذاء الذى تحصل عليه هذه الخلايا يصل عن طريق الانتشار خلال المادة الخلالية للنسيج . والسطح الخارجى للغضروف مغطى بطبقة كثيفة من نسيج ضام يحتوى على خلايا ، ويعرف **بالغلاف الغضروفى** .

وهناك انواع عديدة مختلفة عن هذا الطراز العادى من الغضروف ؛ ففى كلب السمك بالأخص يوجد عادة **غضروف متكلس** يشبه العظم من حيث



**شكل ٩٠** : مقطع فى جزء من غضروف ( من قص الفار ) . لاحظ أن الطبقات السطحية ( فى أعلى الشكل ) ليفية وتمثل حالة انتقالية الى الغلاف الغضروفى . ( عن ماكسيموف ) .

ترسيب املاح الكلسيوم فى مادته الخلالية . **والغضروف المرن** الذى يوجد فى صيوان اذن الثدييات مثلا ، يكتسب المرونة من وجود كثير من الاليناف المرنة فى مادته الخلالية . **والغضروف الليفى** الذى يوجد بكثرة فى منطقة المفاصل ومناطق اتصال العضلات والأوتار ، يعتبر طرازا انتقاليا فى تركيبه بين الأنسجة الضامة الكثيفة والغضروف .

وعند تكوين الغضروف تستدير خلايا ميزنكيمية وتكون فيما بينها مادة خلالية والياف مميزة له . ويلاحظ كثير من الانقسامات الخلوية فى الغضروف النامى ، فقد نجد نتيجة لذلك خلايا فى مجموعات مزدوجة أو رباعية . وتنفصل خلايا هذه المجموعات تدريجيا بعضها عن بعض مع ازدياد ترسيب المادة الخلالية بينها ، وكما يحدث فى العظم ، ينمو الغضروف باضافة خلايا جديدة الى سطحه الخارجى ، ولكن خلافا للعظم يستطيع أن ينمو ايضا بالامتداد الداخلى ، اى بانتفاخ المادة الخلالية .

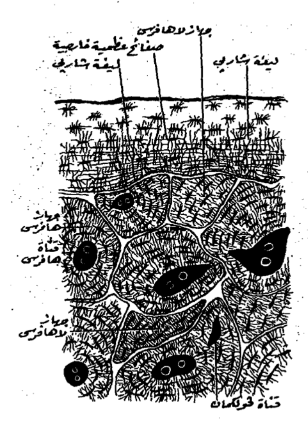
والغضروف مادة هيكلية داخلية غائرة اساسا فى الجسم ونادرا ما يوجد على السطح أو بالقرب منه ، وهو يوجد بكثرة فى الجنين والحيوان اليافع . وفى الفقاريات العليا الحية وكثير من الحفريات القديمة من الفقاريات الدنيا ، يتركب الهيكل اليافع اساسا من العظم ، ويكون الغضروف مختزلا ، فى حين أن الغضروف هو المادة الأساسية فى تكوين هيكل الحيوان اليافع فى الفقاريات الدنيا الحية ، مثل دائريات الفم ، والأسماك الغضروفية وبعض أنواع قليلة ضامرة من الأسماك العظمية .

والغضروف عامة نسيج غائر وجنينى ومرن نسبيا وسريع الامتداد .

**العظم** : ( شكل ٩١ ) يكون العظم الهيكل السائد فى الاطوار اليافعة لمعظم المجموعات الفقارية ، وهو كالغضروف ، يتركب من خلايا ميزنكيمية متحولة ، محصورة فى مادة خلالية تحتوى على الياف من النسيج الضام . وفيما عدا ذلك فالمادتان تختلفان اختلافا واضحا . فالمادة الخلالية للعظم سرعان ما تتصلب مكونة مادة معتمة تحتوى على املاح فوسفات وكربونات الكالسيوم ، والخلايا العظمية ( وكذلك التجويفات أو المحافظ التى تحيط بها ) غير منتظمة ونجمية الشكل ، ولها زوائد متفرعة تمتد فى قنوات دقيقة ـ **القنيات** ـ تتصل عن طريقها بالخلايا المجاورة . وعلى عكس الغضاريف ،

تخترق العظام اوعية دموية ، ولكن نظرا لصلابة المـادة الخلالية وعدم امكان مرور المواد الغذائية بها فان الخلايا تحصل على هذه المواد عن طريق القنيات. ولا يتمدد العظم كالغضروف بل ينمو باضافة طبقات خارجية جديدة تتكون من النسيج الضام الكثيف المغلف له والذى يعرف بسمحاق العظم .

وللعظم تركيب مجهرى معقد ، فمساحات كثيرة خاصة فى المنـاطق



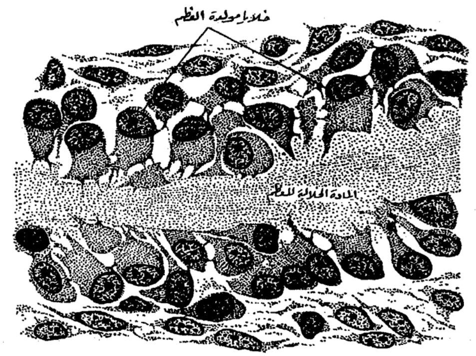

**شكل ٩١** : تركيب العظم . مقطع رقيق فى عظم مشنط يدوى لحيوان ثديى. على الحافة الخارجية توجد صفائح عظمية متوازية متكونة من سمحاق العظم . ويوجد بالداخل عدد من اجهزة هافرس ترى من زوايا مختلفة . الجهاز اللاهافرسى يحتوى على بقايا من طبقات عظمية مبكرة لم تتهشم عندما تكونت اجهزة هافرس . وترتبط التراكيب المختلفة للعظم بمـــادة سمنتية كما تنقل قنوات فولكمان الأوعية الدموية من السطح او من نخاع العظم الى اجهزة هافرس . وتمتد الياف شاربى وهى الياف النسيج الضام، من سمحاق العظم الى الداخل خلال المادة الخلالية ( عن ماكسيمو وبلوم ) .

السطحية تتكون من **العظم الساكن** ، فى حين يوجد **العظم الاسفنجى** ــ الذى تختزل فيه المادة العظمية الى نسيج شبكى دموى أو دهنى مكونا **نخاع العظم** فى فجواته ــ فى المناطق الداخلية للعظم . والكثير من مادة أى عظم يتكون فى المرحلة الجنينية من طبقات متراصة تعرف **بالصفائح** . وتستمر عملية اعادة تنظيم المواد العظمية فى اثناء الحياة ــ بامتصاص العظم القديم واعادة ترسيب عظم جديد . وتهشم العظم ، الذى يعزى الى خلايا تسمى **مهشمة العظم** ، يحدث عادة بأكل الممرات الانبوبية فى المادة العظمية ، وفى هذه الممرات يعاد ترسيب العظم فى حلقات مركزية ، وتترك قناة صغيرة مركزية تحتوى على اعصاب واوعية دموية ، ويعرف هذا التركيب الناتج عن عملية اعادة الترسيب **بجهاز هافرس** .

**تكوين العظم** : هناك طريقتان مختلفتان تماما لتكوين العظم ــ أو **التعظم** فى الجنين ، وابسطهما تكوين **العظم الغشائى** ( شكل ٩٢ ) حيث يتكون العظم مباشرة من الميزنكيم . وتفرز مجموعة من الخلايا **مولدة العظم** فيما بينها صفيحة غير منتظمة او غشاء من مادة خلالية كثيفة سرعان ما يترسب فيها املاح العظم . وتتسع هذه الصفيحة تدريجيا عند حافتها ويتغلظ سطحاها بترسيب طبقات أخرى . والخلايا المحصورة بينها تصبح **الخلايا العظمية** النهائية . وفى الأسماك غير دائريات الفم والجماعات الشبيهة بالقروش ، تتكون **العظام الغشائية** او **العظام الادمية** على كل سطح الجسم تقريبا ( بما فى ذلك التجويف الفمى) ، لتاخذ شكل صفائح كبيرة فى الجزء الأمامى للجسم، وحراشيف او قشور عظمية على الجذع والذيل . وفى حالة عدم وجود الحراشيف العظمية أو الغطاء العظمى الخارجى للجسم فى الفقاريات العليا ، يقتصر تكوين العظم الادمى على منطقة الراس والكتف فقط .

اما طريقة تكوين **العظم الداخلى** فهى مختلفة تماما ومعقدة كثيرا عن الطريقة السابقة ( شكلى ٩٣ ، ٩٤ ) ، فهى تعنى فى بادىء الأمر احلال العظم محل الغضروف الجنينى ، غير ان جزءا لا بأس به من هذه العملية يحتوى ، كما سنرى ، على تكوين العظم مباشرة على النمط الغشائى خارج الغضروف .

وفى التراكيب الداخلية النموذجية مثل عظام الطرف الطويلة فى رباعيات القدم يأخذ الغضروف شكل العظم اليافع فى طور مبكر وبحجم دقيق . ويبدأ

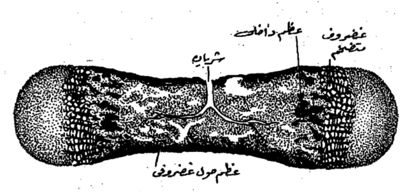



**شكل ٩٢ :** مقطع من عظم ادمى للجمجمة فى طور مبكر من التكون . يلاحظ تكوين صفيحة رقيقة من المادة الخلالية للعظم ، محاطة بخلايا مولدة العظم ؛ وبعض هذه الخلايا سوف يبقى كخلايا عظمية فى العظم النامى ( عن وندل ، علم الأنسجة ، ماكجرو ــ هيل ) .

تحور الغضروف وتكلسه بالقرب من منتصف طوله ؛ اذ تنتفخ الخلايا وترتب نفسها فى اعمدة تتكلس المادة الخلالية بينها . وتدخل الأوعية الدموية من السطح حيث يكون الغضروف مهشما فى هذه المنطقة ويحل محله العظم . وتستمر عملية الاحلال من هذه المنطقة المركزية تجاه أطراف القطعة الهيكلية مكونة الساق او **جسيم العظم** .

واذا ما أخفق الغضروف الجنينى فى النمو ، فسوف يحل العظم محله تماما وبأقصر طريقة . ولكن النمو الطولى للغضروف ــ عن طريق التمدد الداخلى اساسا ــ يستمر متقدما بنفس درجة التعظم الذى يحدث خلاله . وهكذا يقود الغضروف الطريق الطويل لنسيج العظم الذى لا ينتهى حتى يصل الى حجمه اليافع . ويقف النمو عند اتمام التعظم ، اذ ان القطع الهيكلية الداخلية عادة ما تتمفصل عند نهايتها مع القطع المجاورة ولا يضاف العظم على اسطح التمفصل .

وفى الفقاريات الدنيا عامة يبدأ تعظم العظام الداخلية من مركز معرد وتكون نهاياتها مغضرفة غالبا حتى فى الحيوان اليافع . وفى الثدييات ( وفى الزواحف بدرجة محدودة جدا ) توجد تعظمات اضافية تعرف **بالكراديس** ( شكل ٩٤ ) ، وهى تنمو بوضوح عند نهايات العظام الطويلة ، او على زوائد واضحة تستخدم لاتصال العضلات . وهذه المراكز الاضافية قد تحدث تعظما ( ومن هنا كانت التقوية ) فى منطقة التمفصل للعظم قبل ان يتم نمو الساق بوقت طويل . ويوجد شريط طويل من الغضروف بين الساق والكردوس .



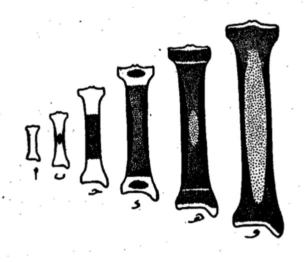

**شكل ٩٣** : مقطع فى عظم مشط يدوى فى جنين حيوان ثديى ، حيث يأخذ التعظم طريقه فى الساق ( موضح باللون الاسود ) . بينما يحدث تعظم حول غضروفى على السطح . ونهايات الساق مكونة من غضروف يتضخم كلما اتجهنا نحو الوسط . اذ تنتفخ الخلايا وترتب نفسها فى صفوف ثم تتكلس . ثم يتبع ذلك احلال العظم الأدمى محل الغضروف .

وقد يظهر من اول وهلة ان هذا الشريط الغضروفى خامل نسبيا ويكون منطقة لا وظيفة لها ، ولكنه فى الحقيقة على جانب كبير من الأهمية ؛ اذ يمثل منطقة النمو الوحيدة ، حيث ان الغضروف هنا ينمو نموا مستمرا ويحل محله العظم بانتظام من الساق والكردوس . وبمجرد اختفاء هذا الشريط الغضروفى يندغم الساق والكردوس ويتوقف النمو .

ورغم ان جانبا كبيرا من تكوين العظم الغضروفى الداخلى يحدث بطريقة احلال العظم محل الغضروف فليست تلك كل القصة كما يتراءى للمرء ؛ فالغضروف الأصلي ضيق جدا وتتسع نهاياته كثيرا باستمرار النمو . فاذا ما تكون كل ساق العظم من غضروف احلالى لاخذ فى تكوينه اليافع شكل

زجاجة ساعة ولاصبح له جزء وسطى رفيع جدا . ولكن يتلاشى هذا القصور باضافة طبقات من **العظم الداخلى** حول الساق مباشرة تتكون على نمط العظم الغشائى . وبذا يكتسب الساق سمكه الضرورى فى شكله اليافع .

وقد كان يظن أن تكوين العظم الداخلى فى الفقاريات العليا مثال لاعادة تاريخ نشوء المجموعات الحيوانية فى تاريخ نموالفرد. وكان من المعتقد أن الحالة الغضروفية للهيكل فى دائريات الفم والقروش حاله بدائية توازيها ، بالتأكيد ، حالة الغضرفة الموجودة فى جنين الفقاريات العليا . بيد أن الأدلة الثابتة ، التى استعرضناها فى الفصل الثالث ، تخالف هذا الظن وتوحى بأن الفقاريات البدائية لها هياكل متعظمة فى الطور اليافع ولا دخل هنا لنظرية الاعادة .

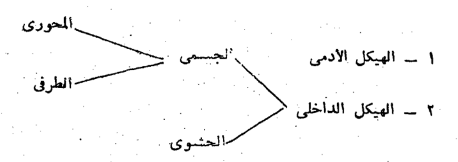



شكل ٩٤ : نمو وتعظم عظم طويل فى حيوان ثديى . أ ــ مرحلة غضروفية ب ، جـ . تكوين عظم اسفنجى داخلى ( نقط داكنة ) وماكن حول غضروفى ( اسود ) . د . ظهور كردوس عند كل من نهايتى الساق . هـ ظهور تجويف النخاع ( نقط فاتحة ) نتيجة لامتصاص العظم الداخلى . ويتركز نمو العظم فى الشرائط الرقيقة من الغضروف النامى النقط بين الساق والكردوس فى « و » يلاحظ اندغام الساق مع الكردوس مع ترك جزء غضروفى للتمفصل عند أسطح نهايات العظم ، كما يتسع نخاع العظم نتيجة لتلاشى سمحاق العظم فى الوسط واضافة عظم جديد فى السطح الخارجى ( عن آرى )

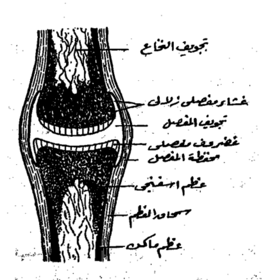
واذا كان الاقتراح وجيها ، فلماذا ، اذن ، هذه الطريقة الملتوية لتكوين العظم ؟ وما الحكمة في وجود غضروف على الاطلاق اذا لم يكن يمثل « بقايا سلفية » ؟ . ويمكن استنتاج الاجابة عن هذه الأسئلة من الحقائق التى تشير الى أن العظام الغائرة فى الجسم هى التى تظهر على شكل غضروف فقط ، أما العناصر الأدمية التى تكون عادة على شكل صفائح فى طبيعتها ، وليست لها اية اتصالات عضلية رئيسية أو تمفصل مع القطع الهيكلية الاخرى ، فتستطيع أن تنمو دون اية صعوبة باضافة عظم جديد الى اسطحها وحافاتها. غير أن القطع الهيكلية الداخلية للاطراف والعمود الفقرى ومحفظة المخ تكون عادة متصلة بطريقة معقدة بالتراكيب الهيكلية الأخرى ، وقد تكون لها علاقات معقدة بالعضلات والأوعية الدموية والأعصاب خاصة فى اتجاه نهايات عظام الطرف . فهى لا يمكن إن تنمو باضافة طبقات جديدة من العظم على اسطحها، كما انها لا تستطيع أن تتمدد اذا ما تكونت من عظم . لهذا يتطلب نمو هذه التراكيب وجود مادة لينة تستطيع أن تنمو دون احـداث أدنى خلل فى علاقاتها السطحية . والغضروف بما له من قدرة على النمو بالتمـدد أو الاتساع الداخلى هو النسيج الجنينى النموذجى الذى يلائم هذا الغرض . وباستثناء التنكس الذى قد يحدث ، كما فى الأسماك والبرمائيات المتنوعة، نجد أن العظم هو الهيكل الطبيعى فى الطور اليافع ، ويكون الغضروف عنصرا مساعدا جنينيا لا غنى عنه .

**المفاصل :** تتصل العظام او الغضاريف بعضها ببعض بواسطة تراكيب من طرز مختلفة . ففى عظام الجمجمة ــ حيث تكون الحركة غير ضرورية أو مطلوبة ــ نجد ان القطع تتصل بعضها ببعض اتصالا وثيقـا ، وان خطوط الانفصال ــ الدروز ــ بين قطعتين تظل واضحة أو قد تندغم القطعتان تماما فى الحيوان اليافع . ويعرف هذا الاندغام غير المتحرك بين العظـام **بالمفصل الأصم** ، بينما يعرف المفصل المتحرك بالمفصل الثنائى ( شكل ٩٥ ) حيث يتكون تجويف مفصلى واضح ممتلىء بسائل .

**تصنيف العناصر الهيكلية :** يشمل الهيكل ضروبا كثيرة من قطـع مختلفة فى شكلها وتركيبها ووظيفتها وموضعها واصلهـا الجنينى ، وهى مرتبطة بعضها ببعض بطرق مختلفة . ويصعب تصنيف هذه القطع الهيكلية، فبالرغم من عدم وجود طريقة مرضية تماما ، الا اننا نتبع هنا النهج التـالى لتحت مجموعات رئيسية :




لقد لاحظنا سابقا التمييز الجنينى الواضح بين العظام المكونة من اغشية فى الطبقات الأدمية للجلد والقطع العظمية الداخلية الغائرة . كما يمكن ان نميز فى القطع الغائرة بين مجموعتين غير متســـاويتين فى الحجم . فالهيكل الحشوى يشمل الغضاريف أو العظام المصاحبة للخياشيم. وكذلك القطــع الهيكلية ( مثل غضاريف الفك ) المشتقة منها . وهذه كما سنرى لها عادة اصل جنينى مختلف تماما عن معظم باقى الهيكل الداخلى الذى نسميه هنا الهيكل الجسمى . ويشمل الأخير الفقرات والضلوع ( ان وجدت ) ومحفظة المخ فى كل الفقاريات ، وتعرف هذه التراكيب بالهيكل المحورى . والأطراف المزدوجة موجوده فى معظم الفقاريات وهى واضحة بالاخص فى رباعيات القدم، وبالرغم من ان تراكيب الأطراف والأحزمة تابعة للمجموعة الجسميــة من الهيكل العام الا أنه يمكن تمييزها كهيكل طرفى .




شكل ٩٥ : رسم تخطيطى يبين المفصل الثنائى النموذجى ( عن آدى )

وفى بعض الحالات ، نجد ان الوحدات التركيبية للهيكل اليافع يحتوى على قطع مشتقة من صنفين او اكثر . فمثلا ، يحتوى حزام الصــدر عادة

على كل من المكونات الادمية والهيكلية الداخلية ، أما الفك السفلى فى كثير من الاشكال فيشتمل عناصر ادمية وحشوية معا . أما الجمجمة فهى اكثر تعقيدا من الجميع ، اذ تحتوى على تراكيب ادمية ومحورية وحشوية كما فى الأسماك العظمية وفقاريات اليابسة .

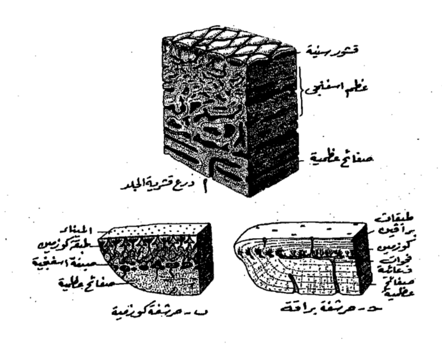
## الهيكل الأدمى

**الأسماك :** لا يحتوى الجلد فى معظم اجزاء جسم كثير من فقاريات اليابسة على أجزاء هيكلية صلبة وانما توجد تراكيب عظمية ادمية فى منطقة الراس على الاقل . وتشير الدلائل الحفرية الى ان الاسلاف الفقارية كانت محاطة بدرع مكونة من عظام ادمية اساسا ، وكانت مثل هذه الدرع تغلف معظم مصفحات الجلد اللافكية القديمة تماما ، كما كانت تغطى كل الجسم أو جزءا منه فى معظم الاسلاف الفكية البدائية ، قشرية الجلد ، ولا تزال موجودة فى معظم المجموعات الكبيرة للأسماك العظمية . ولا توجد الدرع فى دائريات الفم ، وتكون على هيئة قشور سنية جلدية فى الاسماك شبيهة القروش . وهذه الحالات ، التى كان يظن فى وقت ما انها بدائية ، تعتبر الآن بكل تأكيد حالة منكسة .

وكان لمصفحات الجلد القديمة وكثير من قشرية الجلد نمط تركيبى دقيق للحراشيف والصفائح ، وقد ظل هذا النمط موجودا ، مع بعض التغييرات ، فى الأسماك العظمية البدائية ( شكل ٩٦ أ ) . فتوجد طبقة متوسطة من عظم اسفنجى يحتوى على اوعية دموية بين طبقات خارجية وداخلية ماكنة . اما السطح الخارجى فكثيرا ما كان منخرفا بقنازع ونتوءات مكونة من مادة شبيهة بعاج السن ( قارن الفصل ١١ ) ، لها تجويف « لبى » من اسفل وطبقة سطحية من مادة صلبة مشابهة لميناء السن . وحقيقة كان النتوء شبيها بالسن ، ومن المحتمل جدا ان تكون الاسنان مشتقة فعلا من مثل هذه التراكيب .

وثمة طرازان من التراكيب الحرشفية والصفائح كانا موجودين فى الاسماك العظمية المبكرة . ففى الاسماك لحمية الزعانف البدائية ، كانت هناك **حراشيف كوزمية** ( شكل ٩٦ ب ) وسميت كذلك لأن النتوء مكون من مادة كوزمين الشبيهة العاج ، غير أن لها قنيات متفرعة ، وليست بسيطة ،

ممتدة بداخلها من تجويف اللب . ومثل هذه الحراشيف كانت موجودة فى الأسماك فصية الزعانف النموذجية والأسماك الرئوية المبكرة ، ولكن أصبح تركيبها مبسطا فى الجماعات اللاحقة فى كلتا المجموعتين . وتتكون الحراشيف فى الأسماك الرئوية الحديثة من طراز ليفى او جلدى من العظم المنكمش .

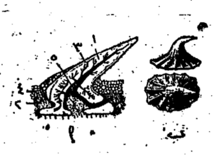



شكل ٩٦ : تركيب الصفائح الادمية والحراشيف فى الفقاريات البدائيه
أ ــ قشرية الجلد الديفونية . ب ــ حرشفة كوزمية لفصية الزعانف البدائية .
جـ ــ حرشفة براقة لسمكة مشععة الزعانف قيمة .
( عن كير وجودرش ) .

وفى الأسماك مشععة الزعانف البدائية كانت الحراشيف البراقة الحقيقية موجودة ( شكل ٩٦ جـ ) ، وهى مختلفة عن الطراز الكوزمى ، اذ تكونت فيها فى أثناء نموها طبقات متتالية من مادة لامعة شبيهة بالميناء تسمى **البراقين** . وقد نتج عن ذلك ظهور طبقات من العظم الساكن على سطحها الداخلى . وحاليا لا يزال طراز الحراشيف البراقة موجودا فى البوليبترس الأفريقى وأبى منقار ، وفى الأسماك كاملة التعظم الحديثة تختزل الحراشيف ( كما فى الأسماك الرئوية ) الى تراكيب رقيقة بسيطة من مادة مرنة شبيهة بالعظم .

ورغم ثقتنا بأن دائريات الفم منحدرة من أسلاف مدرعة ، فان جلدها خال تماما من أى درع . وفى الأسماك الغضروفية توجد أحيانا شوكات زعنفية من مادة شبيهة بالعاج ، الا أن الجلد فى اى مكان آخر فى الجسم عار فيما عدا وجود القشور السنية الادمية أو « الحراشيف القرصية » المنعزلة ( أشكال ٧٢ أ ص ١١٢ ؛ ٩٧ ، ٢١٦ ص ٢٣٨ ) وهذه تشبه الأسنان فى تركيبها ، حيث ان لها تجويف اللب ومادة سن من العاج ، وسطحا لامعا من الميناء . وكان من المعتقد فى وقت ما ، أن الصفائح الادمية والحراشيف الحقيقية قد نتجت عن اندغام مثل هذه القشور السنية ، ولكن يبدو الآن أن العكس هو الصحيح ، فالقشور السنية الادمية هى البقايا السطحية الأخيرة من الدرع السالفة ، أما طبقاته الغائرة فقد اختفت أو « ذابت » .

والجزء الأمامى من الجسم فى الأسماك ذوات الجلد المدرع ، مغطى بصفائح عظمية كبيرة ، وليس بحراشيف منتشرة فوق الراس ومنطقة الكتف والخياشيم . وفى مصفحات الجلد وقشرية الجلد القديمة تنتظم هذه الصفائح فى انماط مختلفة تصعب مقارنتها بتلك الموجودة فى الأشكال الحديثة.

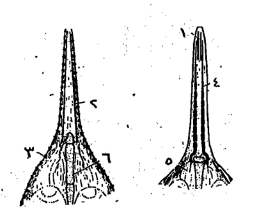


شكل ٩٧ : القشور السنية الادمية للقرش . أ ـ مقطع فى القشرة السنية ، ب ـ منظر جانبى وسطحى للقشرة السنية .
١ ـ العاج ٢ ـ الادمة ٣ ـ سطح صلب للقشرة السنية شبيهة بالميناء . ( عاج زجاجى ) ٤ ـ البشرة ٥ ـ تجويف اللب ( عن دين )

اما فى الأسماك العظمية فيكون النمط العام من طراز أكثر شيوعا ، بالرغم من أن بعضا من العظام مختلف تماما . فيوجد غطاء قرنيومى محدد الشكل، ويكون جزءا من الجمجمة النموذجية ، أما الصفائح العظمية فتضم الى الفك السفلى والسطح الداخلى للفم . كما يوجد ايضا حزام كتفى ادمى . وسوف نناقش هذه التراكيب فيما بعد . وقد يلاحظ وجود مجموعة من عناصر غطاء الخيشوم التى تغطى منطقة الخياشيم ( أشكال ٣٢ ، ١٠٨ ، ١٥٤ ،

١٥٧ ) ، وقد يجوز لنا فى هذا الصدد مناقشة طبيعة الاشعة التى تدعم الأجزاء الطرفية للزعانف الوسطى والمزدوجة فى الأسماك ( شكل ٩٨ ) . وقد يبدو بدائيا أن الزعانف كانت مغطاة بحراشيف مشابهة لتلك التى تغطى بقية الجسم . وفى الأسماك العظمية العليا ، تميل هذه الحراشيف الى التحور الى اشعة عظمية مستطيلة تسمى شعيرات الزعانف وبالاضافة الى ذلك قد تدعم اطراف الزعانف فى الأسماك العظمية بأشعة قرنية دقيقة تعرف **بالشعيرات الشعاعية** ، أما فى القروش فنجد اشعة كبيرة من هذا النوع ، تعرف **بالخيطية القرنية** ، تشكل الدعامة الوحيدة لغشاء الزعنفة .

**رباعيات القدم :** لقد احتفظت رباعيات القدم بعناصر ادمية فى الجمجمة والفكوك وحزام الكتف عادة من كل الغطاء الادمى الأصلى الذى كان موجودا فى اسلافها ، أما بقية هذا الغطاء فقد اختفى كلية . أما فى البرمائيات الحديثة فلا يوجد غطاء ادمى فى الجذع والذيل فيما عدا بعض حرافيش الترية فى اللاقدميات . أما فى البرمائيات والزواحف المبكرة فقد ظلت بقايا الحراشيف على بطونها واتخذت شكل العصى المفصلة على شكل حرف V

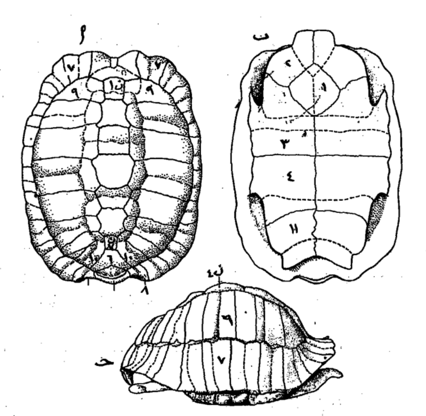



شكل ٩٨ : مقطع فى الزعنفة الظرية فى ( أ ) القرش ، ( ب ) سمكة مشععة الزعانف ليوضح طبيعة دعامات الزعنفة .

١ ــ شعيرات شعاعية ٢ ــ خيطية قرنية ٣ ــ قشور سنية أدمية ٤ ــ شعيرات الزعانف ٥ ــ تشكيج عضلى عند قاعدة الزعنفة ٦ ــ دعامات هيكلية للزعنفة ٧ ــ حراشيف عظمية . ( عن جودريش )

تعرف بضلوع البطن فى السفيندون والعظاءات « السحالى » والتماسيح ، وحتى هذه البقايا الأثرية من الدرع الأصلية قد اختفت تماما فى كل من الطيور والثدييات .

ولا يزال الجلد محتفظا بقدرته على تكوين العظم الادمى ، فقد استعادت كثير من الزواحف وقليل من الثدييات قدرتها على تكوين تراكيب مدرعة . ففى العظاءات «السحالى» كثيرا ما توجد حراشيف عظمية أسفل الحراشيف القرنية فى البشرة ، كما توجد درع جزئية مكونة من صفائح عظمية شبه مربعة فى التماسيح . وقد تكونت فى الأرماديلو ، من بين الثدييات ، درقة




شكل ٩٩ : منظر ظهرى ( أ ) وبطنى ( ب ) وجانبى ( ج ) للدرع السلحفاة ( تستودو ) . تظهر حدود الصفائح العظمية كخط مستمر وحدود الدرقات القرنية كخط متقطع .

١ ــ درقة بطنية ٢ ــ درقة علوية ٣ ــ درقة لامية ٤ ــ درقة سفلية ٥ ــ قفوى ٦ ــ صفائح شرجية ( خلف عصبية ) ٧ ــ صفائح طرفية ٨ ــ صفيحة طرفية أخيرة ( الحادية عشرة ) . ٩ ــ صفائح جنبية ١٠ ــ درقة حنجرية . ن ١ ــ ن ٧ ، صفائح عصبية

عظمية ، فى حين أن اقاربها البائدة ، الجليبودونت ، كان لها غطاء عظمى مشابه على درجة عالية من التكوين .

**درع السلحفاة** ( شكل ٩٩ ) . تعتبر درع السلحفيات من أحسن الدروع تكوينا فى كل فقاريات اليابسة الحية أو البائدة ، فتحت الدرقات القرنية التى تغطى الجسم فى معظم السلاحف توجد درقة ( قصعة ) عظمية ظهرية مقوسة ، ودرقة بطنية مفلطحة ، وتتصل الدرقتان على الجانبين بواسطة جسر « كوبرى » من العظام ، وتنفصلان من الأمام والخلف لمرور الرأس والأطراف والذيل . وتتميز فى الدرقة الظهرية سلسلة وسطية من عناصر عصبية فوق العمود الفقرى ، وتقع على جانبيها عناصر ضلعيةمدعمة بالضلوع وحول حافتها صف من العناصر **الهامشية** . كما يوجد فى الدرقة البطنية اربعة ازواج من الصفائح وعنصر وسطى مفرد ، وثلاثة من هذه الصفائح فى الجزء الأمامى من الدرقة عبارة عن عظام ادمية متحورة من الحزام الكتفى ، أما بقية العناصر فى كلتا الدرقتين فهى تكوينات عظمية جديدة .

## الهيكل المحورى

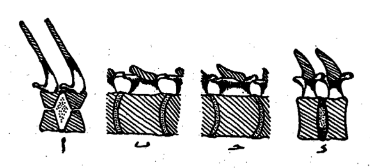
**فقرات الرهليات** : كل ما تبقى من التراكيب الهيكلية يكون هيكلا داخليا يقع غائرا داخل الجسم ( على عكس العناصر الأدمية السالف ذكرها ) ويتكون أساسا من غضروف فى الجنين .

ومعظم هذه التراكيب الداخلية تتبع الجهاز الذى نطلق عليه هنا

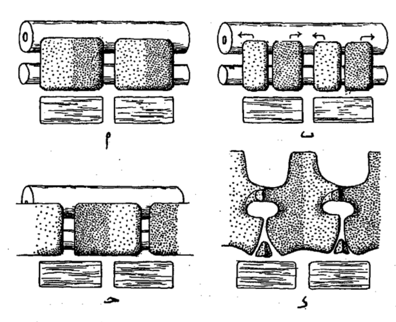
شكل ١٠٠ : فى اليمين منظر جانبى لفقرتين ذيليتين وفى الشمال لفقرتين فى الجذع لحيوان زاحف مبكر

الجسمى ، ويتكون ( على عكس مكونات الجهاز الحشوى ) من ميزنكيم من أصل ميزودرمى . وباستبعاد المكونات المدعمة للاطراف ، يمكن اعتبار العناصر الهيكلية الجسمية كأنها محورية .

**والعمود الفقرى** أهم تركيب محورى فى الجسم ، وهو يحل محل الحبل الظهرى فى معظم الفقاريات ، ويعتبر الدعامة الطولية الرئيسية فى الجسم ، ويمتد الى اعلى فى كل قطعة من قطع الجسم ليحيط بالحبل الشوكى ويحميه . وقبل أن ندرس الاختلافات المتباينة لهذا التركيب فى طوائف الفقاريات الدنيا ، علينا أن نبدأ بالتركيب البسيط المتناسق للفقرات التى تكون العمود الفقرى فى الرهليات ( شكل ١٠٠ ) **فجسم الفقرة** هو العنصر الرئيسى فى تركيبها ، وهو قرصى الشكل اساسا ويحل محل الحبل الظهرى من حيث الوظيفة . وبدائيا كان الحبل الظهرى موجودا بصورة مختزلة جدا فى الرهل اليافع ، مخترقا وسط جسم الفقرة . غير ان هذا التركيب القديم اصبح الآن مختفيا . وفى الزواحف المبكرة كانت اجسام الفقرات مقعرة الوجهين ( شكل ١٠١ ) ولا تزال هذه الحالة موجودة فى بعض الزواحف ، غير أن اجسام الفقرات تكون عادة على درجة عالية من التكوين ومتراكبة نهاياتها مع نهايات الفقرات المجاورة ( شكل ١٠١ ، ب ـ د ) وتسمى الفقرة **عديمة التقعر** اذا كان جسمها مفلطحا عند نهايتها ، **وامامية التقعر** اذا كانت مقعرة من الأمام ومحدبة من الخلف ، وخلفية التقعر اذا كانت بالعكس .




شكل ١٠١ : مقطع طولى لطرز مختلفة من فقرات الرهليات
ا ــ طراز مقعر الوجهين بدائى ( لا حظ ان بجسم الفقرة فتحة يمر بها الحبل الظهرى . ب طراز خلفية التقعر . جـ ــ طرز امامية التقعر . د ــ طرز عديمة التقعر . لكن يوجد تقعر خفيف على الوجهين لوجود قرص بين فقرى ( عن جريجورى )




شكل ١٠٢ : رسم تخطيطى يوضح طريقة تكوين فقرات الرهليات من الميزنكيم . أ ــ مقطع رأسى فى القطع الهيكلية لعقلتين من عقل الجسم يمتد الحبل الظهرى والحبل العصبى خلفها . وأسفل القطع الهيكلية رسم يمثل قطعة عضلية فى كل عقلة . ب ــ يلاحظ انشطار القطعة الهيكلية الى نصفين أمامى وخلفى ، يبتعدان عن بعضهما حتى يندغم النصف الخلفى للقطعة مع النصف الأمامى للقطعة التى تليها كما فى (جـ) ، من هذه القطع المندغمة تنشأ الفقرات كما هو موضح فى الرسم د ــ وبهذا يكون موضع الفقرات المتكونة بين العقل الجسمية وليست فيها .

وفى جذع بعض الزواحف توجد بين أجسام الفقرات قطع صغيرة بينفقارة محشورة بين اجسام الفقرات المتتالية من الجهة البطنية . وفى الزواحف والثدييات توجد هذه القطع فى الذيل عامة ، وتحمل **اقواسا دموية** مركبة من زوج من القضبان تمتد بطنيا لتحيط بالأوعية الدموية الذيلية وتلتقى من اسفل لتكون شوكة تفصل عضلات الذيل على كل جانب . وفوق جسم الفقرة وعلى كل جانب يمتد **القوس العصبى** الذى يغلف الحبل الشوكى ، وتسمح الفجوات الواقعة بين الأقواس المتتالية بمرور الأعصاب الشوكية .

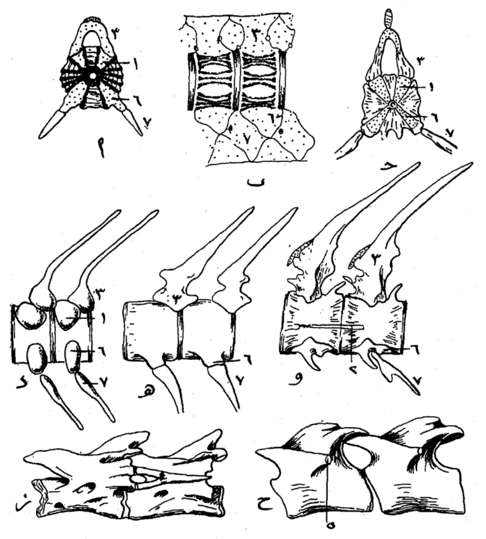
وتلتقى الاقواس من اعلى لتكون **الشوكة العصبية** ، ويبرز غالبا على كل جانب **نتوء مستعرض** واضح يتصل به نتوء الضلع . وفى رباعيات القدم

وقليل من الأسماك ، يتمفصل كل زوج من الاقواس العصبية مع غيره من الأمام والخلف بواسطة زوائد « مقترنة » تعرف بالنتوءات النيرية . وتنتهى النتوءات النيرية الأمامية بأسطح متجهة الى الداخل والى أعلى ، وهذه تقابل مثيلاتها المتجهة الى الخارج والى اسفل على النتوءات النيرية الخلفية للفقرة السابقة .

لقد لاحظنا فى اثناء مناقشة تمييز الميزودرم أن هناك نمواً فى الميزنكيم فى الجزء الوسطى لكل عقلة جسمية ، اى فى المنطقة التى تعرف بالقطعة الهيكلية ( شكل ٦٨ ) ، ومن هذه المنطقة تتكون الفقرات . ويمكن اعتبار أن كل فقرة تتكون من قطعة هيكلية مفردة ، حيث ان هناك تماثلا فى العدد . الا ان ذلك لا يحدث حقيقة وعلى اية حال فى الرهليات . فكل قطعة هيكلية تنقسم الى جزءين ، وكل فقرة تتكون من اندغام الانصاف المجاورة فى قطعتين هيكليتين متتاليتين ( شكل ١٠٢ ) . وبشىء من الامعان نرى ان مثل هذا التكوين الشاذ معقول وضرورى من الناحية الوظيفية . فعضلات الجذع تتصل بالفقرات المتتالية وبالضلوع . وهذه العضلات لها ترتيب عقلى بدائى ، لهذا كان من الضرورى ان تتبادل معها العناصر الهيكلية التى تتصل بها ، ويتم ذلك باعادة ضم انصاف القطع العضلية معا ، وهذا يضع الفقرات والضلوع التى تتكون منها فى موضع بين عقلى أصيل ،

**فقرات اللارهليات :** ( اشكال ١٠٣ ، ١٠٤ ) . للاقواس العصبية فى مجموعات الفقاريات الدنيا تاريخ متشابه . فالأقواس النموذجية توجد فى معظم الأسماك والبرمائيات ، أما فى القروش فتظهر عناصر اضافية بين الاقواس العصبية ، وفى الجلكى يوجد زوجان من الاقواس الصغيرة فى كل قطعة من قطع الجسم ، وتختفى الأقواس العصبية فى الجريفات تماما .

ولجسم الفقرة تاريخ اكثر تعقيدا ( شكل١٠٥ ) فلا توجدهذه الاجسام فى دائريات الفم ، ويوجد فقط حبل ظهرى كبير غير محزز ، ومع ذلك فتعتبر من الفقاريات على سبيل المجاملة . وفى القروش ( شكل ١٠٣ ، أ ، ب ) . تأخذ أجسام الفقرات شكل اسطوانات قصيرة مكونة من طبقات دائرية رئيسية من غضروف ( غالبا ما يكون متكلسا ) . ويعترض هذه الطبقات ظهريا وبطنيا ، على كل جانب « سدادات » من الغضروف تقع اسفل اتصالات الاقواس العصبية والدموية ( وهذه الاخيرة تمثلها الضلوع البطنية




شكل ١٠٣ : أ ــ وفقرات من جذع الأسماك . أ ــ مقطع عرضى فى فقرة فى القرش ( لامنا ) يوضح قواعد القوس المحشورة فى جسم الفقرة ، المناطق السوداء متكلسة . ب ــ منظر جانبى لقطعتين من العمود الفقرى لنفس القرش . تكون العناصر الموجودة بين الاقواس العصبية انبوبة مقفلة حول الحبل العصبى . كما ان عددا من عناصر صغيرة يمثل ضلوعا بطنية قصيرة تقابل الأقواس الدموية . وتغطى قواعد القوس الظهرى بقاعدة الأقواس العصبية . جـ ــ يمثل مقطعا عرضيا فى فقرة السمكة العظمية ( ايسوكس ) ، يتشابه تركيب الفقرة مع تركيب فقرة القرش . د ــ منظر جانبى لفقرتين فى آميا حديثة يبين انفصال قواعد القوس الظهرى والبطنى عن جسم الفقرة الحقيقى . هـ ــ فقرات آميا يافعة توضح اندغام قواعد الأقواس فى جسم الفقرة . و ــ منظر جانبى لفقرات ايسوكس . قواعد القوس البطنى

فى منطقة الجذع ) . وفى الأسماك العظمية توجد نفس **قواعد الأقواس** فى مرحلة مبكرة كتراكيب مميزة ، ولكن فى الأسماك المتعظمة مثل الأميا وكاملة التعظم تتدغم هذه القواعد تماما مع البقية الباقية من جسم الفقرة (شكل ١٠٣ ، ح ــ ف ) عند النضج . وفى خط الأشكال المتحجرة المؤدى الى فقاريات اليابسة ، يبدو أن التعظم فى جسم الفقرة مركز فى قواعد الأقواس ( شكل ١٠٤ ) . وفى فصية الزعانف السالفة وكثير من البرمائيات اللابرينثودونتية القديمة يوجد طراز من جسم الفقرة تكون فيه قواعد القوس الظهرية على هيئة زوج من جنب فقرة صغير تقع عاليا بالقرب من قاعدة القوس العصبية . اما قواعد القوس البطنية المندغمة فتكون عنصرا كبيرا اسفنجيا من الجانب وهلاليا من الأمام او الخلف ، ويبدو هذا التركيب مماثلا تماما للقطعة **بين الفقارة** الصغيرة التى رايناها فى الرهليات ، وكما هو مبين فى شكلى ١٠٤ ، ١٠٥ نجد أن معظم اللابرينثودونتات البائدة القديمة قد اتجهت الى تحوير بين الفقارة الى تركيب أكبر مكونا العنصر المركزى الوحيد . وفى الخط المؤدى الى الزواحف ، اختزلت بين الفقارة تجاه حالة الرهليات الى حجم صغير او ضمرت تماما . أما فى الخط المؤدى الى الفقاريات العليا فقد اندغمت القطعتان جنب الفقارتين وامتدتا لتكونا جسم الفقرة الحقيقى للرهليات .

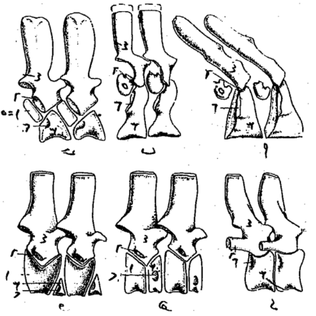
وقد لا نستطيع ان نضع هنا فى هذه القصة الواضحة للتكوين الفقرى فى رباعيات القدم الحالات التى نراها فى رتب البرمائيات الحديثة ( شكل ١٠٣ ، س ، ش ) . فأجسام الفقرات عبارة عن أسطوانات بسيطة ( بغض النظر عن عدم انتظام أشكالها ) حيث لا يوجد دليل على تراكيب منفصلة تمثل جنب الفقاريات وبين الفقارات ، وفى البرمائيات الذيلية واللاقدمية تتعظم اجسام الفقرات مباشرة ، وقد يسبق هذا التعظم تكوين غضروف قليل ، وقد لا يظهر الغضروف على الاطلاق . اما الضفادع والتودات فيتكون جسم فقرة غضروفى لدرجة متباينة فى اثناء النمو ، غير انه يتعظم كجزء متكامل مع القوس العصبية فى الحيوان اليافع .

---

تابع شكل ١٠٣ = واضحة بينما غطيت قواعد القوس الظهرى تماما بالأقواس العصبية كما فى القرش ، ز ــ فقرات حيوان ذيلى ( تكتودس ) ؛ ش ــ فقرتان للضفدعة بهما ضلوع قصيرة .
١ ــ قاعدة القوس الظهرى ٢ ــ ضلع ظهرى ٣ ــ قوس عصبية ٤ ــ ضلع ٥ ــ نتوء مستعرض ٦ ــ قاعدة القوس البطنية ٧ ــ ضلع بطنى ( = قوس دموى ) . ( عن جودرش ) .

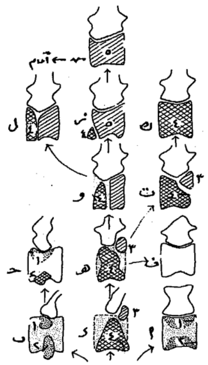
## الاختلافات الموضعية فى الفقرات

يمكننا تمييز مناطق مختلفة على طول العمود الفقرى فى الفقاريات العليا ، ويعتمد هذا التمييز بالأخص على وجود الضلوع ، أو عدم وجودها، أو على التغييرات التى تحدث فى طبيعة هذه الضلوع . أما فى الفقاريات الدنيا فقد توجد الضلوع على كل فقرة من العنق الى الذيل دون استثناء . وقد



شكل ١٠٤ : تطور التراكيب الفقرية من فصية الزعانف الى رباعيات القدم البدائية والزواحف . أ ـ فقرتان لفصية الزعانف . يلاحظ أن العنصر المركزى الرئيسى للفقرة هو بين الفقرة الكبيرة ، تظهر اسفينيــة فى المنظر الجانبى وهلالية فى المنظر الخلفى ، يلاحظ أيضا وجود جنب فقرات مزدوجة صغيرة . ب ـ فقرات لبرمائيات أكثر بدائية . لها نفس التركيب السابق . جـ ـ طراز الفقرة مفصلة الأجزاء النموذجى فى اللابرينثودونتات القديمة . د ـ طراز الفقرة مجسمة فى اللابرينثودونيات المتأخرة ، لقد اختفت جنب الفقرات وكونت بين الفقرة جسم الفقرة . هـ طراز الفقرة ذات الحلقتين ويوجد فى الجماعات البائدة القريبة لأسلاف الزواحف ، يلاحظ أن جنب الفقرات قد اتسعت اندغمت لتكون جسم فقرة حلقى الشكل ، كما كونت بين الفقرة تركيبا مشابها لكنه رقيق . و ـ طراز الزواحف البدائيـــة حيث اتسعت جنب الفقرات ( كما فى هـ ) وكونت جسم فقرة حقيقية كبيرة ، وقد اختزلت بين الفقرات .

١ ـ جسم الفقرة. ٢ ـ اتصال رؤوس الضلع بالبينفقارة. ٣ ـ بينفقارة . ٤ ـ قوس عصبى ٥ ـ جنبفقارة ( مزدوجة ) ٦ ـ نتوء مستعرض على القوس العصبى للاتصال بنتوء الضلع ( أ ، ب عن جارفك ) .

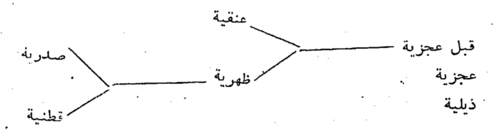


شكل ٥ . ١ : رسم تخطيطى يوضح التسلسل المحتمل فى تطور تركيب اجسام الفقرات ٢٠١ ـ قواعد الأقواس الظهرية والبطنية الموجودة فى كثير من الأسماك وهى أجزاء من جسم الفقرة لتدعيم الأقواس العصبية والدموية او الضلوع البطنية . على التوالى . فى فصية الزعانف وكثير من رباعيات القدم تمثل قواعد الأقواس بالبين فقرات ٣ ـ والجنب فقرات ٤ ـ ، ٥ ـ جسم الفقرة .

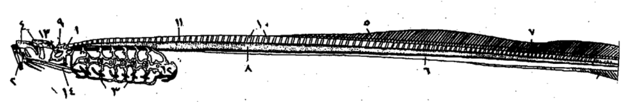
الغضروف منقط فى الرسم ، اما قواعد الأقواس فتظهر منقطة تنقيطا داكنا وجنب الفقرات مخططة ، أما بين الفقرات فمخططة بخطوط متقاطعة ، والأجزاء المتعظمة فى جسم الفقرة تظهر بيضاء .

(أ) فقرة القرش . قواعد الأقواس مندغمة فى جسم الفقرة الغضروفى . (ب) فقرة آمياجنبية ، توضح حالة شعاعية الزعانف الأساسية التى تنفصل فيها قواعد القوس عن جسم الفقرة . (ج) فقرة الاسماك العظيمة : يتعظم جسم الفقرة ، وتندغم معه قواعد القوس الظهرى ، وفى بعض الحالات قواعد القوس البطنى ايضا . (د) فقرة فصية الزعانف من المحتمل ان تكون أساسية فى رباعية القدم . يظل معظم جسم الفقرة غضروفيا ، وتتعظم القواعد الصغيرة المزدوجة للقوس الظهرى كما تندغم القطع البطنية كتراكيب أسفينية (هـ) فقرة قدم البرمائيات المعروفة ، مثل فقرات فصية الزعانف . (و) طراز من الفقرات يؤدى الى حالة الزواحف من بين اللابرنثودونات الحفرية . لقد كبرت جنب الفقرات واندغمت لتكون جسم فقرة حقيقى حلقى الشكل . (ز) فقرة الزواحف البدائية لقد كبر جسم الفقرة على حساب بين الفقرة التى اختزلت كثيرا . (ش) فقرة زواحف متقدمة وطيور وثدييات . اختفت بين الفقرة واصبح جسم الفقرة يمثل جنب الفقرة المتدمعة . (ف) فقرة البرمائيات الحديثة . يتعظم جسم الفقرة بقرص مستدير مع عدم وجود قواعد للأقواس . (ت) تركيب الفقرة مفصلة الأجزاء فى اللابرنثودونات . بين الفقرة تركيب كبير اسفينى الشكل وجنب الفقرة صغيرة . (ك) فقرة مجسمة المركز فى اللابرنثودونتات المتأخرة اختفت الجنب فقرات وكونت البين فقرة جسم الفقرة . (ل) فقرة ذات الحلقتين فى اللابرنثودونات البائدة . الجنب فقرات والبين فقرات كونت حلقات كاملة .

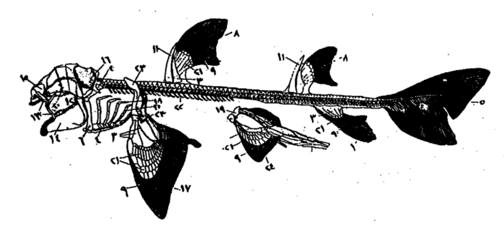
نستطيع تمييز **المنطقة الذيلية** من العمود الفقرى حيث توجد أقواس دموية نموذجية فى الجهة البطنية للفقرات بعكس منطقة الجذع . وفى فقاريات اليابسة يكون اتصال الحزام الحوضى بالعمود الفقرى **منطقة عجـزية** بين القطع قبل العجزية والذيلية فى الجسم . وقد تقصر الضلوع أو تندغم أو تختفى فى أعناق هذه الحيوانات ( كما سوف نشير اليه فيما بعد ) وبذا تكون **منطقة عنقية** مميزة عن **المنطقة الظهرية** للجذع . وفى الجـذع تقصر الضلوع الخلفية أو تختفى كما فى الثدييات . بحيث يمكن تقسيم فقرات الجذع فى هذه الطائفة الى **منطقة صدرية** تحمل ضلوعا واخرى **قطنية** بدون ضلوع . ومن هنا يمكن أن تنبنى كلما ارتقينا أو « تسلقنا شجرة الفقاريات » سلسلة من التقسيمات كما يأتى :




ويختلف عدد الفقرات كثيرا فى الأسماك ( أشكال ١٠٢ - ١٠٨ ) ، أما فى البرمائيات البدائية فيبدو أنه كان لها ثلاثون فقرة قبل عجزية أو اكثر ( منها حوالى سبع فقرات عنقية ) ، وفقرة عجزية واحدة ، وخمسون أو أكثر من الفقرات الذيلية . ومن البرمائيات الحديثة نجد أن للاقدميات الدودية الشكل ما يقرب من مائتى فقرة أو أكثر ، أما الذيليات ( شكل ١٠٩ ) فلها عمود فقرى قصير نسبيا . وتوجد فى الضفادع النموذجية تسع فقرات بجانب العصعص الذى يمثل فقرات ذيلية مندغمة . وقد كان للـزواحف البدائية ( شكل ١١٠ ) حوالى سبع وعشرين فقرة قبل عجزية ، وفقرتان



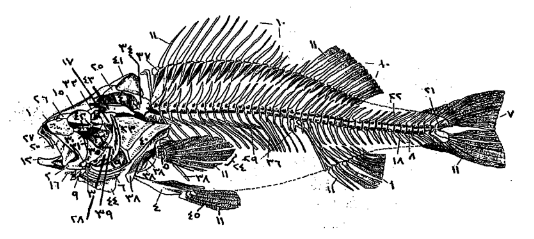

شكل ١٠٦ : هيكل الجلكى بتروميزون . ١ - محفظة سمعية ٢ - جلقـة غضروفية حول الفم ٣ - غضاريف القفص الخيشومى ٤ غضاريف ظهرية لمنطقة الفم ٥ - أشعة ادمية للزعنفة ٦ - غلاف ليفى حول الاورطة الظهرى ٧ - رابط طولى بين نهايات النتوءات العصبية ٨ - حبل ظهرى ٩ - فتحات المحفظة الشمية ١٠ - غلاف ليفى للحبل الشوكي ١١ - نتوءات عصبيـة ١٢ - فتحات الحجرات الخيشومية ١٣ - قوس غضروفى حـول الحجاج ١٤ - غضروف اللسان ( عن دين ) .



شكل ١٠٧ هيكل القرش ( سيستراكيون )
١ — زعنفة شرجية ٢ — محفظة سمعيـــة ٣ — عناصر قاعدة للزعنفـــة ٤ — خيشومية قاعدية ٥ — زعنفة ذيلية ٦ — لامى قرنى ٧ — كلابات الذكر ٨ — زعانف ظهرية ٩ — أشـــعة ادمية للزعنفة ١٠ — خيشـــومى علوى ١١ — شوكات الزعنفة ١٢ — لحى لامى ١٣ — غضاريف فكية ١٤ — اللحى ١٥ — محفظة شمية ١٦ — حجاج العين ١٧ — زعنفة صدرية ١٨ — خيشومية بلعومية ١٩ — الحزا م الحوضى ٢٠ — حنك مربعى ٢١ —عناصر شعاعيـــة للزعنفة ٢٢ — ضلوع ٢٣ — الحزام الصدرى ٢٤ — الزعنفة الحوضـــية ( البطنية ) . ( عن دين ) .

عجزيتان فى معظم الحالات ، وذيل طويل . غير أن هناك اختلافا عظيما فى حيوانات هذه الطائفة ؛ فالثعابين لها عمود فقرى طويل جدا ، وثمة حـالة غريبة نراها فى « السفينودون » وأنواع مختلفة من العظاءات « السحالى » اذ توجد نقطة قطع فى وسط كل فقرة ذيلية ، يمكن انفصال الذيل عندها . وفى الطيور ( شكل ١١١ ) تكون المنطقة العنقية واضحة بالرغم من اختلاف طولها ، وتميل فقرات الجذع الى الاندغام . اما المنطقة العجزية فقد اضافت اليها فقرات ظهرية خلفية وذيلية امامية لتكون **عجز مركب** طويل . وينتهى الذيل العظمى القصير فى الطيور **بشاحفى ذيلى** مركب من فقرات مندغمة .

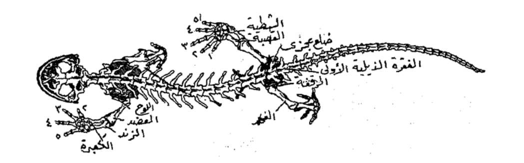
وفى الثدييات ( شكل ١١٢ ) تحتوى المنطقة العنقية على سبع فقرات متساوية فى اغلب الأحيان . أما عدد الفقرات الظهرية فتزيد على العشرين عادة ، ويثبت هذا العدد فى كثير من الفصائل والرتب ، أما عدد الضلوع ، وبالتالى النسبة بين الفقرات الصدرية والقطنية ، فمختلف ، وأما الذيل فرفيع وقصير عامة .

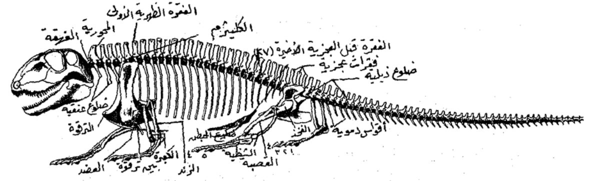


شكل ١٠٨ : هيكل سمكة عظمية ( بيوكا ) . يختلف شرح بعض عناصر الجمجمة هنا عما هو موجود فى شكل ١٥٧ ، ولكنه متبع عامة فى الأسماك العظمية .

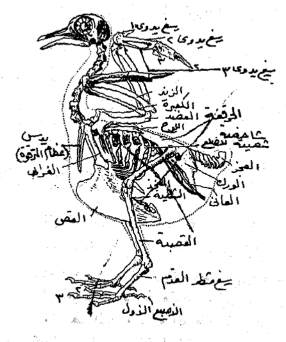
١ ــ زعنفة شرجية ٢ ــ عظم مفصلى ٣ ــ عظم زاوى ٤ ــ الحزام الحوضى ٥ ــ هيكل الزعنفة الصدرية ٦ ــ اشعةغطائية ٧ ــ زعنفة ذيلية ٨ ــ جسم الفقرة ٩ ــ لامى قرنى ١٠ ــ زعانف ظهرية ( تندغم الزعانف الأمامية بشوكات ادمية ) ١١ ــ اشعة ادمية للزعنفة ١٢ ــ عظم سنى ١٣ ــ عظم مصفوى ١٤ ــ فوق اذنية ١٥ ــ عظم جبهى ١٦ ــ خيشومى سفلى ( لسانى لامى ) ١٧ ــ لحى لامى ١٨ ــ شوكة دموية ١٩ ــ بين غطائى ( جزء من قطع غطاء الخياشيم ) ٢٠ ــ عظم فكى ٢١ ــ نهاية الحبل الظهرى فى الذيل ٢٢ ــ شوكة عصبية ٢٣ ــ غطائى ٢٤ ــ زعنفة صدرية ٢٥ ــ جدارى ٢٦ ــ قبل جبهى ٢٧ ــ قبل فكى ٢٨ ــ قبل غطائى ( جزء من قطع غطاء الخياشيم) ٢٩ ــ نتوءات دعامية للضلوع ٣٠ ، ٣١ ، ٣٢ ــ غطاء منطقة الحنك ٣٣ ــ خلف جبهى ٣٤ ــ جناحية اذنية ٣٥ ــ مربعى ٣٦ ــ ضلوع ٣٧ ــ دعامات الزعانف الظهرية ٣٨ ــ اجزاء مختلفة لحزام الكتف ٣٩ ــ جزء سفلى للقوس اللامية ، لربط اللحى لامى بالجمجمة ٤٠ ــ لامى ذيلى ( قطعة بطنية للهيكل الخيشومى ) ٤٥ زعنفة حوضية . (عن دين) .

ويتحرك الرأس والجذع فى الأسماك كوحدة واحدة ، اما فى فقاريات اليابسة فالحركة المستقلة للراس مهمة جدا ، وعادة تتخصص ، الفقرتان الأوليان ، وهما : **الفهقة والمحورية** ، لهذا الفرض . وفى البرمائيات النموذجية ينقسم سطح التمفصل خلف الجمجمة ، ويعرف **بالقمحة** ، الى زوج من البروزات المستديرة فى الجانبين ، ولذا يوجد على الفهقة زوج من التجاويف تبيت فيه هذه البروزات ، وبذلك تستطيع الراس ان تتحرك الى اعلى او




شكل ١١٠ : هيكل تعميمى لحيــوان بدائى من الزواحف ( بيلكوزوز العصر البرمى ، هابتودس ) .

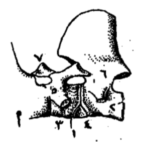



شكل ١١١ : هيكل الحمامة ( عن هيلمــان ) .




شكل ١١٢ : هيكل تعميمى لحيـــوان ثديى ، زباب الشجر ، توبايا ( عن جريجور ى) .

أسفل بسهولة ، ومع قليل من الحركة الجانبية . وفى معظـم الـزواحف والطيور تظل اللقمة مفردة فى حين تتحور الفهقة والمحورية ( شكل ١١٣ ) الى درجة تسمح بسهولة الحركة . وقد تكون القوس العصبية للفهقة مع « بين الفقارة » حلقة يستطيع الرأس أن يلتف عليها الى درجة معينـــة . وفى الثدييات ذات اللقمتين ، يتحد جسم فقرة الفهقة على المحورية مكونا نتوءا سنيا يقع داخل الفهقة ويساعد على دوران الرأس . وعـادة يكون للفهقة شوكة عصبية قوية تستخدم لاتصال الروابط التى تدعم الرأس .

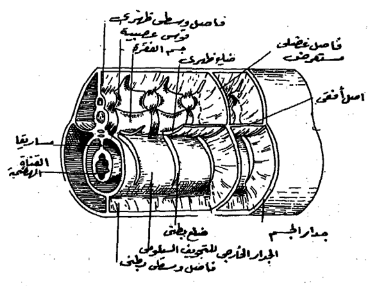






شكل ١١٣ : فقرات الفهقةوالمحورية المركبـــة . أ ـ اللقمـــة المؤخرية والفقرتان الأوليان فى حيوان بدائى من الزواحف ( فياكودون ) ب ـ نفس المنطقة فى حيوان ثديى نموذجى مبينا اندغام العناصر مع بعضها . يلاحظ أن قبل الفهقة فى « أ » تمثل القوس العصبية لفقرة « مفقودة » اندغمت جسمها مع مؤخر الجمجمة . والخط المتقطع فى « ب » يمثل مكان النتوء السنى ( ١ ) الذى يمتد الى الأمام . داخل حلقة الفهقة .
١ ، ٢ ـ اجسام الفقرة الأولى والثانية ، ٣ ، ٤ ـ بين فقرات ، ٥ ، ٦ ـ أقواس عصبية ،٧ـ قبل فهقة .

**الضلوع :** تعتبر العضلات العقلية فى جذع الأسماك الأداة الرئيسية للحركة، فهى تدفع الجسم الى الامام بالانقباض المتعاقب والتموج الناتج للجذع والذيل . وتقع قوة هذه العضلات على عاتق **الفواصل العضلية** التى تتكون من نسيج ضام ، والتى توجد بين العقل المتتالية ، وتتصل الضلوع التى تتكون عند نقط استراتيجية فى هذه الفواصل بالفقرات فتجعل المجهود العضلى اكثر كفاية . وفى معظم الأسماك تنقسم كل قطعة عضلية الى جزء ظهرى وآخر بطنى بواسطة فاصل طولى ( شكل ٢ جـ، د، ص ،وشكل ١١٤). ويتكون الضلع عند نقطة تقاطع هذا الفاصل الطولى مع الفواصل العضلية المتتالية وتتكون ( **ضلوع ظهرية** ) عند هذه النقطة . ويبدو أن الضلوع فى البرمائيات من هذا الطراز أيضا . والمكان الذى تتصل عنده الفواصل العضلية بجدر التجويف السيلومى يمثل موضعا ثانيا يمكن للضلوع أن تتكون فيه ، وتعرف مثل هذه الضلوع **بالضلوع البطنية** وهى شائعة فى الأسماك وغير موجودة فى فقاريات الهابسة . وفى نهاية الجذع فى الأسماك تقترب الضلوع البطنية على الجانبين من بعضها لتكون تراكيب على شكل حرف $V$ ، وتعرف **بالأقواس الدموية** التى سبق أن أشرنا اليها فى الفقرات




شكل ١١٤ : رسم تخطيطى لمقطع فى جذع حيوان فقارى ، يبين جهاز النسيج الضام وعناصر الهيكل المحورى . منظر من الجانب الأيسر كما لو كان مشرحا وازيلت العضلات من بين الفواصل . تتكون عناصر الفقرات فى النسيج المغلف للحبل الشوكى والحبل الظهرى ، بينما تتكون الضلوع الظهرية او البطنية فى المكان الذى يتقاطع فيه الفاصل المستعرض مع الفاصل الأفقى او الجدار السيلومى . ( عن جودرش ) .

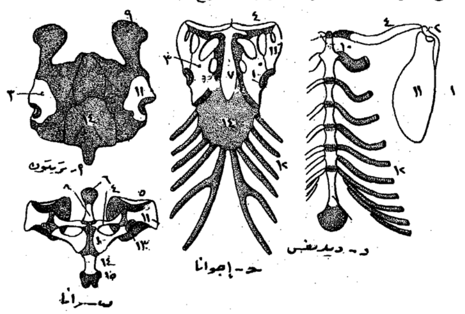
الذيلية . وتتكون الضلوع كغضاريف سرعان ما تتعظم تعظما كاملا أو جزئيا فيما بعد ، ولا يحدث هذا التعظم فى الأسماك بالقروش .

وكانت الضلوع فى رباعيات القدم محمولة بصورة بدائية كما فى الأسماك على كل فقرة من العنق الى قاعدة الذيل . أما فى رباعيات القدم الدنيا الأكثر تعميما فالضلوع قصيرة نسبيا نظرا لظهور عنق مرن . غير أن الضلوع الصدرية طويلة وتتصل عادة بتركيب وسطى يعرف بالقص . وفى رباعيات القدم الأكثر بدائية توجد ضلوع قطنية قصيرة ، يتبعها ضلع أو ضلعان من الضلوع العجزية التى تربط العمود الفقرى بالحزام الحوضى ، كما توجد خلف الحوض عند قاعدة الذيل ضلوع قصيرة يتناقص حجمها تدريجيا كلما اتجهنا الى الخلف . وكانت الضلوع فى رباعيات القدم البدائية مزدوجة الراس ، اذ كان لكل ضلع راس حقيقى يسمى **رءوس الضلع** متصلة بالبين فقرة فى الجماعات المبكرة ، وأخرى اضافية تعرف بنتوء الضلع متصلة بالنشوء المستعرض للقوس العصبية ( شكل ١٠٠ ) . وقد اقترب راسا الضلع بعضهما من بعض فى الضلوع الخلفية بحيث انتقل اتصال الرءوس الى أعلى والى الخلف تجاه النتوء المستعرض . أما الضلوع القطنية والعجزية الضخمة وكذلك الضلوع الذيلية فكانت متصلة اتصالا ثابتا بالفقرات .

غير أن كثيرا من المجموعات الحيوانية قد حادت عن هذا النمط البدائى فى نواح متعددة . فقد اختزلت الضلوع كثيرا فى رتب البرمائيات الحديثة بحيث لم تعد متصلة بالقص ، وهى غير موجودة تماما فى اللاذيليات فيما عدا ضلعا عجزيا واحدا . وفى الزواحف كثيرا ما يكون للضلع رأس واحد يتصل بجسم الفقرة أو بالقوس العصبية . ويختزل عدد الضلوع فى العظاءات « السلاحف » حيث تلتحم ثمان منها مع القصعة . وفى الطيور تندغم الضلوع العنقية بالفقرات . أما الضلوع الحرة فيقتصر وجودها على المنطقة الصدرية القصيرة فقط ، كما يدعم الحزام الحوضى بسلسلة طويلة من الضلوع العجزية ، وتظهر الضلوع العنقية فى المنطقة العنقية فى الجنين ، ولكنها تندغم مع الفقرات فى الحيوان اليافع ، وتختفى الضلوع كلية فى المنطقة القطنية والذيلية .

القص : ( أشكال ١١٥ ، ١٢٤ ب ، هـ ، و ، ص ) . فى الحالة العامة ، كما فى كثير من الزواحف ، يقع القص فى الناحية البطنية كغضروف شبيه بالدرع ، متمفصل مع الحزام الكتفى من الأمام ومتصل من الناحية الجنبية

الخلفية والنهايات البطنية للضلوع الصدرية ، وبذلك يغلف منطقة الصدر تماما : ولا يوجد مثل هذا التركيب فى الأسماك،أما فى الضفادع فكثيرا ماننمو القص على شكل قضيب . ومع اختزأل الأحزمة والاطراف ، يختفى القص فى البرمائيات اللاقدمية والثعابين ، أما فى السلحفيات فيتمشى اختفاء القص مع نمو الدرقة البطنية أو الدرع . وفى الطيور ينمو القص نموا كبيرا لكى يساعد على اتصال كتل العضلات الصدرية ، التى لها أهمية كبرى فى الطيران . وفيما عدا النعام والأشكال الشبيهة التى لا تطير ، فيحمل القص عرفا بطنيا أو زورقا تتصل به العضلات . أما فى الثدييات فيستطيل القص على شكل قضيب معقل تتصل به الضلوع عند « العقد » .




شكل ١١٥ : منظر جانبى للحزام الكتفى والجهاز القصى فى مختلف رباعيات القدم ( راجع أشكال ١٢٣ ، ١٢٤ ص ٢٢٥ ، ٢٢٦ للمقارنة بالمناظر الجانبية لهذه التراكيب ) .

أ ـ السلمندر ب ـ الضفدعة جـ ـ سحلية د ـ حيوان ثديى .

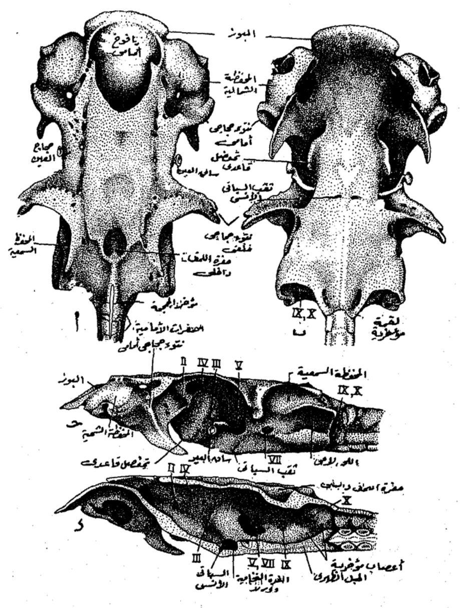
فى أ ، جـ ـ عظام اللوح المتجهة ناحية الظهر غيرمرئية ، يتراكب الغضروفان الغرابيان على بعضهما فى أ كما هو مبين بالخط المتقطع .

١ ـ غرابى أمامى ٢ ـ نتـوء أحزمى ٣ ـ ثقب غرابى ٤ ـ ترقوة ٥ ـ كليثرم ٦ ـ فوق قصى ٧ ـ بين ترقوة ٨ ـ قص كتفية ٩ ـ المنطقة قبل الغرابية للصفيحة الغرابية ١٠ ـ قص أمامى ١١ ـ اللوح ( فى السلمندر يمتد التعظم الى مكان العظم الغرابى المختفى ) ١٢ ـ ضلوق قصية ١٣ ـ فوق اللوح ١٤ ـ قص ١٥ ـ قص حنجرى . لاحظ أن القطع الغضروفية تظهر منقطة ) ( أ ، جـ ، د عن باركر ) .

**محفظة المخ :** محفظة المخ ، التى تتركب من غضروف أو عظم احلالى ، تكون الجزء الأمامى من الهيكل المحورى الذى يتحور بدرجة كبيرة هنا ليناسب اتساع المخ واعضاء الحس الخاصة . وفى معظم الفقاريات تندغم محفظة المخ مع العناصر الهيكلية الحشوية والأدمية لتكون الجمجمة ، اما فى الأسماك شبيهة القروش ودائرات الفم فتكون المحفظة جزءا منفصلا لعدم وجــود عظام ادمية ، ويعتبر هذا الانفصال حالة ثانوية . ويتكرر تركيب محفظة المخ الغضروفية فى القرش ( شكل ١١٦ ) مع بعض الاختــلافات ، فى كثير من الفقاريات الدنيا الأخرى ( بالرغم من تعظم بعض أجزائها عادة ) ، كما توجد أيضا بصورة متحورة فى جمجمة معظم المجموعات الفقاريات العليا .

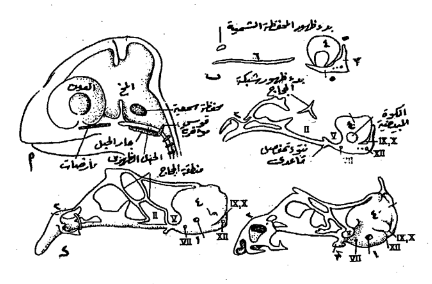
والجزء الخلفى للمحفظة المخية فى القرش ضيق نسبيا ، وتوجد به فتحة وسطية ، تعرف **بالثقب الكبير** يمر فيه الحبل الشوكى ، وتوجــد اسفل الثقب **لقمة قذالية** مستديرة تستنــد الى جســم الفقرة الأولى . وتتسع المحفظة أمام الثقب بحيث تتضمن **المحافظ السمعية** التى تحتــوى على قنوات الأذن الداخلية واكياسها ، وتضيق محفظة المخ بعد ذلك لتسمح بتكوين حجاج تستقر فيه مقلة العين على كل جانب ، كما يوجد بداخل هذا الجزء الضيق انخفاض وسطى بطنى يضم الغدة النخامية ، وتتسع محفظة المخ ثانية تجاه الأمام حيث تنتهى بالبوز الذى تقع على جانبيه **المحافظ الشمية** المحتوية على اعضاء الشم . وثمة فتحات عديدة تعرف **بالثقوب** موجودة فى محفظة المخ ، وتمر منها الأعصاب القرنيومية والأوعية الدموية ، كمــا فى شكل ١١٦ ، وتفتح القنوات الليمفية الداخلية من الأذن الداخلية ظهريا على السطح الخارجى للمحفظة المخية فى القروش ( وليس فى باقى المجموعات )، على حين تدخل الشرايين السباتية من الناحية البطنية للمحفظة لتمــد المخ بالدم ( قارن الفصل ١٥ ) . وهناك جزء متخصص من عارضة خيشومية هو **اللحية اللامية** ( اللامية الفكية ) يسند الفكوك ويتمفصل سائبا مع الجانب الخارجى للمنطقة السمعية ، كما تتمفصل الغضاريف التى تكون الفكوك هى الأخرى مع محفظــة المــخ ( شكل ١٥٠ ) . والشــائع بين القـــروش الحديثة هو ان تتصل الفكوك العليا اتصالا سائبا من الأمام مــع السطح العلوى لمحفظة المخ ، اما فى القروش البدائية فيكون هناك تمفصل اضــافى خلف الحجاج . ويميل هذا التمفصل الاضافى الى الاختزال أو الاختفاء فى

الاسماك العليا وفقاريات اليابسة البدائية ، وينشأ بدلا منه تمفصل **قاعدى** قوى للفك العلوى والتراكيب الحنكية مع قاعدة محفظة المخ فى منطقة **الحجاج** (أشكال ١١٧ هـ ص ٢١٦ ، ١٥١ ب ، د ، هـ) .



شكل ١١٦ : محفظة المخ فى القرش ، كلاميدوسيلاخ .

ا — منظر ظهري ب — منظر بطنى جـ — منظر جانبى د — **مقطع سهمى** فى المحفظة . الأرقام II الى X تبين أماكن خروج الأعصاب القرنومية ) .
( عن اليس )

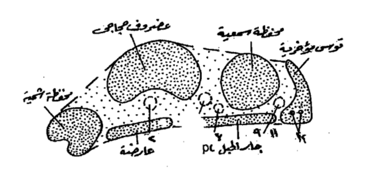


شكل ١١٧ : مراحل النمو الجنينى لمحفظة المخ فى السحلية .

أ ــ رسم تخطيطى للرأس موضحا مواضع المخ والحبل الظهرى ، والمراحل الأولى لظهور بعض العناصر الأساسية لمحفظة المخ وهى العارضات وجار الحبل والمحفظة السمعية والأقواس المؤخرية أما المحفظة الشمية فهى تظهر فيما بعد ، ويزداد نمو هذه القطع وتندغم مع بعضها فى المراحل المتأخرة . وفى السحلية تنمو منطقة الحجاج على هيئة شبكة معقدة وليست على شكل صفيحة الأرقام II الى XII تبين أماكن خروج الأعصاب القرنيومية ) .

١ ــ الكوة البيضية ٢ ــ المحفظة الشمية ٣ ــ قوس مؤخرية ٤ ــ المحفظة السمعية ٥ ــ جار الحبل ٦ ــ عارضيات ٧ ــ نتوء تمفصل قاعدى مع غضروف الفك العلوى . ( عن دى بير ) .

وفى الجنين الفقارى ( شكلى ١١٧ ، ١١٨ ) يكون المخ والحبل الظهرى الذى يمتد اسفله الى الأمام حتى منطقة الغدة النخامية فى حالة تكوين متقدم قبل ان تظهر التراكيب الهيكلية ، والعناصر الغضروفية الأساسية لحفظة المخ عبارة عن زوج من **الغضاريف جارة الحبلية** تقع على جانبى الحبل الظهرى أسفل ساق المخ ، وتوجد أمامها **العارضات** وهى عادة ما تكون مزدوجة فى معظم الفقاريات لكنها مفردة فى الثدييات . وفوق الغضاريف جارة الحبلية تنمو المحفظة السمعية على كل جانب ، وتظهر على هيئة قشرة غضروفية حول الأذن الداخلية ، وتتحور فقرة أو عدة فقرات خلف المحفظة السمعية لتكون الاقواس **القذالية** ، وقد ينمو بين الحجاجين زوج من

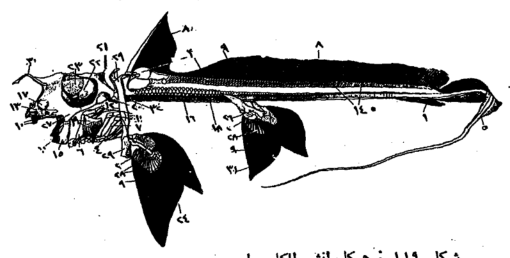



شكل ١١٨ : رسم تخطيطى يوضح المكونات الجنينية الأساسية لمحفظة المخ . يلاحظ أن العارضات والقطع جار الحبلية هى العناصر البطنية الأساسية التى يضاف اليها من الخلف قوس او أقواس مؤخرية . وفى المراحل المتأخرة للنمو تظهر عناصر ظهرية مثل المحافظ السمعية والتسمية والصفيحة الحجاجية ( والأخيرة تتكون على هيئة شبكة كما فى شكل ١١٧ ) . وهذه العناصر الابتدائية ترتبط مع بعضها فيما بعد بغضاريف فيما عدا أماكن لمرور الأعصاب والأوعية الدموية .

**الصفائح الحجاجية** أو شبكة من العوارض الغضروفية كبديل لها . وتبدأ المحافظ الشمية فى الظهور من الأمام .

وفى المراحل المتأخرة تندغم كل هذا التراكيب لتكون محفظة المخ فى الحيوان اليافع ، غير أنها تترك فجوات فيما بينها لمرور الأعصاب والأوعية المختلفة التى تدخل أو تخرج من المحفظة . وفى دائريات الفم تجيد محفظة المخ كثيرا عن هذا التكوين ( شكل ١٤٧ أ ) . ولمحفظة المخ فى كايميرا ( شكل ١١٩ ) وضع معين ، فهى قصيرة وعالية وتندغم مع غضاريف الفك العلوى ، وتتكرر هذه الصفات فى الأسماك الرئوية .

**الزعانف الوسطية :** يكون جسم الفقاريات المائية البدائية ، انسيابيا عادة،مع قليل من التفلطح الجانبى فى الجزء الخلفى،ويرتبط هذا التفلطح مع طبيعة القوة الدافعة الى الأمام ، فالحركة الى الأمام تنتج عن الحركات من

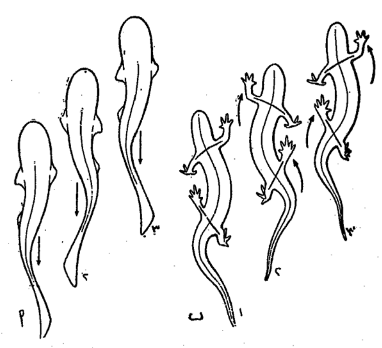


شكل ١١٩ : هيكل أنثى الكايميرا .

١ ــ زعنفة شرجية ٢ ــ قاعديات الزعنفة ٣ ــ دعامات الزعنفة الظهرية ٤ ــ خيشومية قاعدية ٥ ــ زعنفة ذيلية ٦ ــ لامى قرنى ٧ ــ خيشومى قرنى ٨ ــ زعنفة ظهرية لها شوكة ٩ ــ أشعة ادمية للزعنفة ١٠ ــ صفائح سنية ١١ ــ خيشومى علوى ١٢ ــ لحيى لامى ١٣ ــ غضاريف فى المنطقة الشمسية « للشفاه » ١٤ ــ رابط دعائم الزعنفة ١٥ ــ الفك السفلى ( غضروف ميكل ) ١٦ ــ غضاريف مناطق الاقواس العصبية١٧ ــ المحفظةالشمية ١٨ ــ الحبل الظهرى وبه تكلسات حلقية فى الغلاف ١٩ ــ غضاريف غطاء الخيشوم ٢٠ ــ لقمة مؤخرية ٢١ ــ عرف مؤخر الجمجمة ٢٢ ــ حجاج العين ٢٣ ــ حاجز بين حجاجى ٢٤ ــ زعنفة صدرية ٢٥ ــ خيشومى بلعومى ٢٦ ــ الحزام الحوضى ٢٧ ــ حنك مربعى مندغم مع الجمجمة ٢٨ ــ الدعائم الشعاعية للزعنفة ٢٩ ــ الحزام الكتفى ٣٠ ــ غضروف وسطى علوى للبوز ( وهو ليس الكلابة فى الذكر ) ٣١ ــ زعنفة حوضية ٣٢ صفيحة مكونة من الفقرات الأمامية المندغمة ( عن دين ) .

جانب الى جانب للجسم ، التى تؤثر فيها العضلات المحورية ( شكل ١٢٠ ، أ ) . وتسرى الانحناءات المتبادلة التى تحدث متتابعة على الجوانب المقابلة فى الجسم الى الخلف بطول الجذع والذيل ، دافعة الجسم الى الإمام معتمدة فى ذلك على **الزعنفة الذيلية** المنبسطة فى مؤخر الجسم .

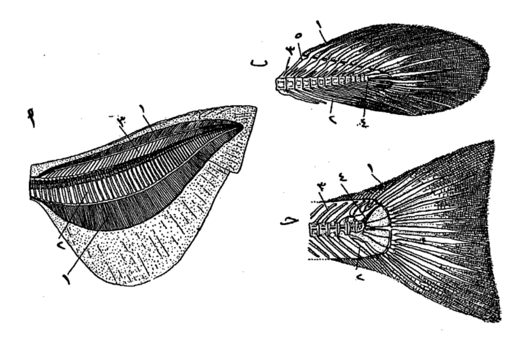
وبدون مساعدة زعانف اخرى غير تلك الذيلية فى الاتزان والتوجيه تصبح هذه الحركات الدفعية غير منظمة ( كما فى حالة أبى ذنيبة ) . والزعانف الوسطية الأخرى تشمل **الزعانف الظهرية** ، وهى واحدة أو اثنتان




شكل ١٢٠ : أ – مناظر ظهرية لسمكة عائمة ، توضح طريقة التقدم فى الماء بدفع الجسم الى الخلف ، وتنتج عن ذلك موجات متتالية من الانحناءات تسرى الى الخلف على طول الجذع والذيل ، فتدفع الجسم الى الأمام كما هو مبين فى الخطوات ١ ، ٢ ، ٣ :

ب – مناظر ظهرية للحركة فى السلمندر . فبالرغم من وجود أطراف الا أن أغلب التقدم يتم بانحراف الجسم عدة مرات متتالية ففى الوضع ( ١ ) يلامس الطرف الأمامى الأيمن والطرف الخلفى الأيسر الأرض ، بيما ترفع الأطراف الأخرى المقابلة لها الى أعلى . وبانحراف الجسم كما فى الوضع ( ٢ ) تتجه الأطراف المرفوعة الى الأمام ( كما هو مبين بالأسهم ) ، وعندما تلامس هذه الأطراف الأرض ترفع الأطراف المقابلة ومن ثم يحدث انحراف عكسى للجسم يتقدم بالأطراف خطوة أخرى الى الأمام كما هو مبين فى الوضع ( ٣ ) .

**والزعنفة الشرجية** التى تقع خلف الشرج من أسفل الجسم . ويتكون هيكل الزعانف الوسطية فى الفاصل الوسطى الظهرى الذى توجد فيه الأشواك العصبية ، أما فى الذيل فيقع الهيكل فى الفاصل البطنى الذى توجد فيه الأقواس الدموية . وقد تشترك الأقواس العضلية والدموية اشتراكا مباشرا




شكل ١٢١ ــ الزعانف الذيلية . أ ــ طرازغيرمتجانس فيالقروش والسترجون وسمك المجداف . ب ــ طراز متساو في بوليبترس . جـ ــ طراز متجانس في الأسماك كاملة التعظم .

١ ــ أشعة أدمية للزعنفة ٢ ــ شوكات دموية ٣ ــ أقواس عصبية ٤ ــ الطرف النهائي للحبل الظهري ٥ ــ شعاعات الزعنفة . في « جـ » تمتد عظام تحت الذيل فيما وراء الشوكات الدموية ( عن دين ) .

في دعامة الزعنفة الذيلية ( شكل ١٢١ ) . وفي الأسماك كاملة التعظم تكون الأقواس الدموية الطرفية دعامات منبسطة تسمى **تحت الذيل** ، ولا توجد مثل هذه الدعامات المباشرة في الزعانف الظهرية والشرجية . غير أن الزعانف مدعمة **بشعاعات** ( مصطفة أحيانا في صفين ) تتمفصل عند قواعدها مع الأقواس البطنية أو الدموية ، وغالبا ما تكون منفصلة عن هذه التراكيب ( أشكال ١٠٧ ، ١٠٨ ص ٢٠٧ ، ٢٠٨ وشكل ١١٩ ) . وبدائيا يبدو أن الشعاعات امتدت كثيرا داخل الزعنفة ، كما هي الحال في القروش المعاصرة ، بيد أنها لا تمتد في زعنفة شعاعية الزعانف التي تدعمها أساسا شعيرات الزعانف ( قارن ص ١٣٣ ) ، وفي الكايميرا وكثير من القروش ، تحمل الزعنفة الوسطية أشواكا أمامية قوية تعمل على قطع تيار الماء في أثناء العوم ، وقد كانت هذه الأشواك موجودة على الزعانف الوسطية في الأكانثوديات المتحجرة ( شكل ١٢٠ أ ) . وفي بعض مصفحات الجلد الدنيا ( شكل ١٨ )

نجد صفوفا من الأشواك الظهرية للمحافظة على توازن الجسم . ومن المحتمل أن هذه الأشواك كانت تمثل التركيب الأساسى الذى نشأت منه الزعانف الوسطية على مر العصور .

وتوجد ثلاثة طرز رئيسية من الزعانف الذيلية فى الاسماك ؛ **فالزعنفة غير المتجانسة** طراز شائع فى القروش ( أشكال ٢١ ، ٢٢ أ ب ) حيث تنحرف نهاية الجسم الى أعلى ، وينمو الجزء الأكبر من الزعنفة أسفلها . وينتشر هذا الطراز الزعنفى للذيل فى قشرية الجلد ( شكل ٢٠ ) وفى كل الأسماك العظمية الأكثر قدما ، ولا يزال موجودا فى بعض الأسماك العظمية الحديثة المعاصرة ، مثل ستيرجون والملواق ( سمك المجداف ) أشكال ٢٧ أ ، ٢٨ أ ، ٢٩ أ ، ٣٠ ) وسيادة هذا التركيب للزعنفة الذيلية فى كثير من الأسماك البدائية والقديمة تدل على أن هذا الطراز من الزعانف هو اقدم الطرز فى الفقاريات . وثمة طراز آخر مساو له فى القدم هو الطراز **غير المتجانس المعكوس**، الذى يظهر فى بعض مصفحات الجلد ( شكل ١٨ ب ) . ولا يزال موجودا فى يرقات الجلكى . اما طراز **الزعنفة المتساوية** فيمتد فيه محور الجسم باستقامة حتى نهاية الذيل ، وتنمو عليه الزعنفة بالتساوى على كل من جانبيه العلوى والسفلى ، ويظهر هذا الطراز فى البوليبترس وفى الأسماك الرئوية الحية والسيلدكانس ( أشكال ٢٧ ب ، ٢٨ بم ، ١٣١ ب ) . وقد نتوقع من الوهلة الأولى أن هذا التركيب يمثل الطراز البدائى لزعنفة الذيل ، ولكننا نجد أن هذا الطراز المتساوى للذيل مستمد من الطراز غير المتجانس فى كل حالة تقريبا . فكلا البوليبترس والأسماك الرئوية الحديثة انحدرت فى أحقاب الحياة القديمة من أسلاف لها زعانف غير متجانسة ، كما أن كثيرا من فصية الزعانف البائدة والمعاصرة لها زعانف ذيلية متساوية ، فى حين أن الجماعات الأكثر بدائيّة فى هذه المجموعة كانت زعانفها غير متجانسة . وذيول القوابع والشعاع والكايميرا نحيفة وتشبه السوط ولها زعانف متساوية ( أشكال ٢١ جـ ، ٢٢ ) ، غير أن هناك مراحل متوسطة معروفة توصلها بالطراز غير المتجانس .

والطراز الثالث الكبير من الزعانف الذيلية هو طراز الزعنفة **المتجانسة** التى تميز الأسماك الحديثة السائدة ، مثل الأسماك الكاملة التعظم ، ( أشكال

٣٢ ، ٣٣ ، ١٠٨ ذ ، ٢١ جـ ) ، وهى متساوية ظاهريا فقط وبتشريحها يتضح أن العمود الفقرى ينحرف بشدة الى أعلى عند نهاية الذيل ، فى حين تمتد الزعنفة كلية الى أسفل . وفى مشعمة الزعانف البائدة والحديثة تظهر مجموعة متكاملة من الأشكال التى توضح انحراف الزعنفة الذيلية من الطراز غير المتجانس الموجود فى اسلافها ، كما توجد اشكال وسطية بين الأسماك البراقة « هولوسيتى » مثل ابى منقار وآميا ( شكل ٣١ ) ، وفى هذه الأسماك يكون الذيل متساويا تقريبا فى شكله الظاهرى ، أما فى تركيبه الداخلى فيظهر أنه قد نشأ نتيجة لاختزال المحور المنحرف الى أعلى فى الذيل غير المتجانس .

وفى فقاريات اليابسة ، عدا قليل من البرمائيات البائدة الأكثر بدائية ، نجد أن التراكيب الأصلية للزعنفة الوسطية قد اهملت ، وفى ذيل ابى ذنيبة والسلمندر تختفى الدعامات الهيكلية الموجودة فى أسلافها من الأسماك . وبالرغم من أن كثيرا من رباعيات القدم قد عادت للمعيشة فى الماء فان اطرافها ــ وليست أذيالها ــ هى التى تعمل كأعضاء للدفع ، كما هى الحال فى سباع البحر والسلاحف والبلزيوزورى البائدة . وللقياطس وبقر البحر ، من بين الثدييات ، « زعنفة » ذيلية مفلطحة افقيا ولا تشبه الزعنفة الذيلية السمك تماما . والأكثيوسوريا البائدة اقرب الأشكال التى استعادت تكوين طراز سمكى للذيل ، ممتد راسيا ومدعم بالهيكل المحورى ، بيد ان الذيل هنا يعتبر من الطراز « المعكوس » وليس الطراز غير المتجانس النموذجى .

**العناصر ذات الوضع الشاذ :** تعتبر الأنسجة الضامة الجنينية المصدر الرئيسى لتكوين الانسجة الهيكلية الطبيعية ، ولا يدعو الى الدهشة ، اذن ، أن تظهر تراكيب غضروفية او عظمية فى اماكن بها انسجة ضامة اصلا فى الطرز المختلفة من الفقاريات . فالعظام **السسمانية** الصغيرة تتكون فى بعض الأوتار ، كما أن عظم الركبة فى الثدييات يعتبر مثلا للنمو الزائد لهذه العناصر . وقد تنمو عظام فى جفون التماسيح ، وقلوب الغزال والبقر . وفى البوز المطوط لبعض الثدييات . كما أن عظم القضيب الذى يتكون فى عضو الايلاج فى كثير من الثدييات ( شكل ١٢٢ ) مثل شائع لمثل هذه العظام الشاذة ، وهو موجود فى آكلات الحشرات ، والخفافيش واللواحم وفى كل الرئيسيات تقريبا ( فيما عدا الانسان ) .



شكل ١٢٢ ــ عظم القضيب فى كلب البحر « القضاعة » .

## الهيكل الطرفى

ينتمى هيكل الأطراف والأحزمة ( فيما عدا عناصر الكتف الأدمية ) الى التراكيب الهيكلية الداخلية من الجهاز الجسمى ؛ وهى تختلف فى تكوينها عن العناصر الجسمية المحورية . فيوجد عادة زوجان من اطراف مثل الزعانف المزدوجة فى الأسماك واطراف رباعيات القدم . وهذه الإطراف تشمل **الأطراف الصدرية** التى تقع خلف الخياشيم مباشرة فى الاسماك ، أو فى مكان وسط بين العنق والجذع كما فى حيوانات اليابسة ؛ والأطراف **الحوضية** التى تقع عند نهاية الجذع امام فتحة الشرج او المذرق مباشرة .

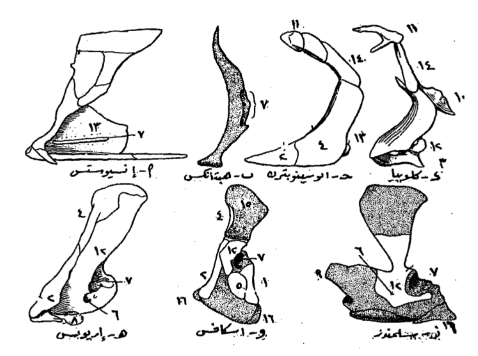
منشأ الزعانف المزدوجة : لم تكن الاطراف المزدوجة معروفة فىاسلاف الفقاريات ، فهى غائبة فى دائريات الفم . وقلما توجد فى مصفحات الجلد اللافكية المبكرة ، وضعيفة التكوين فى كثير من قشرية الجلد القديمة . وقد ظهرت نظريات مختلفة لتفسير منشأ الزعانف المزدوجة ؛ فثمة نظرية مبكرة افترضت أن هذه الزعانف قد نشأت من خياشيم متحورة ، وان الأحزمة متحورة من عوارض خيشومية ؛ اما الأطراف نفسها فتكونت من فصوص خيشومية كتلك التى تظهر خارج أسطح الخياشيم فى القروش الحديثة . غير أن الدلائل الجنينية والمورفولوجية تثبت عدم صحة هذه النظرية ، وان كانت لا تزال منطبقة على الزعنفة القديمة التى تمثل طرازا ورقيا للزعنفة ( اشكال ١٢٩ ، ١٣٠ د ) كان مفروضا ــ طبقا للنظرية ــ أن يكون بدائيا ( لكنه ليس كذلك ) .

وقد ظهرت نظرية أخرى تعارض النظرية السابقة ؛ وهى نظرية « الثنية الزعنفية » لمنشأ الزعانف المزدوجة . وقد اوضح مؤيدو هذه النظرية ان الزعانف المزدوجة تشبه الزعانف الوسطية فى تركيبها الأساسى ؛

وعلى هذا فتكون قد نشأت على غرارها ، وعلى كل فللزعنفة عادة مجموعة متمركزة من التراكيب الهيكلية تحاط بطبقة من العضلات على كل جانب . ويبدو أن الزعانف الوسطية قد نشأت كأعضاء للتوازن فى الخط المنصف للجسم ، كما أن الزعانف المزدوجة كانت فى الأصل زوائد جانبية تعمل ايضا على توازن الجسم . ثم اصبحت أعضاء للقيادة ، وفى قليل من الجماعات التى فى مستوى أقل من رباعيات القدم لا يوجد للزعانف اى نشاط فعال فى دفع الجسم . وفى مصفحات الجلد ( شكل ١٨ ) نجد بعض المحاولات المبكرة تجاه تكوين الزعانف المزدوجة ، مثل وجود صفوف من الأشواك الممتدة من قاعدة كل جانب او فصوص جانبية بارزة شبيهة بالزعانف الصدرية . ولقد لاحظنا فى الزعانف المزدوجة لقشرية الجلدالبائدة « نماذج تجريبية » تحتوى على اشواك بارزة متميزة ( اشكال ٢٠ ، ١٢٩ أ ) الا ان هذه التراكيب فى قشرية الجلد مختلفة كثيرا عن الزعانف المألوفة فيما بعد تماما . كما اختلفت كثير من آلات الطيران المبكرة ( غير الناجحة ) عن الطائرات الحديثة . كما كان هناك اختلاف فى عدد هذه الأطراف ، اذ كان « للقرش الشوكى » ما يقرب من سبعة ازواج ، وما ان نصل الى الزعانف النموذجية فى القروش والأسماك العظمية ، حتى نجد انها اصبحت مرنة بطبيعتها ، وعددها زوجان فقط .

**الحزام الصدرى : العناصر الأدمية** ( اشكال ١٢٣ ، ١٢٤ ) . كل طرف مصحوب بحزام يقع داخل الجذع ويعمل على تدعيم هيكل الطرف كما يكون سطحا تنشأ عليه عضلات الطرف . ويتركب كل حزام فى بادىء الأمر من غضروف داخلى او من عظم يحل محل الغضروف فى أثناء التكوين . ويقع الكتف فى المنطقة الأمامية من الجسم . وفى الأسماك المبكرة كانت هناك صفائح عظمية فى هذه المنطقة بدلا من القشور الصغيرة التى كانت تغطى الجذع والذيل . وبعض من هذه الصفائح اصبحت ضمن دعائم الطرف مكونة **حزام الكتف الأدمى** . وهذا الحزام موجود فى كل الأسماك الفكية ، فيما عدا الأشكال الشبيهة بالقروش التى افتقدت كل العظام .

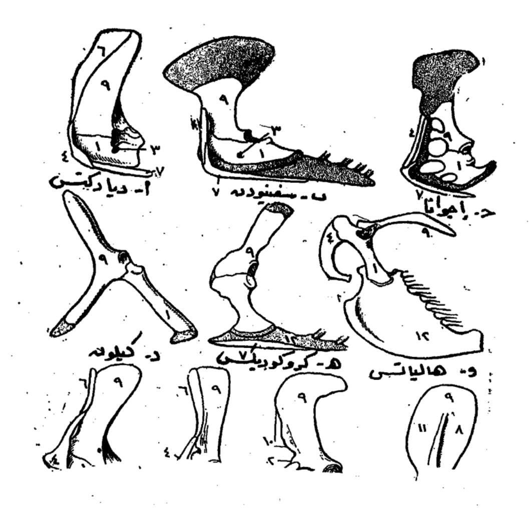
لقد لاحظنا ان معظم قشريات الجلد كانت تحمل درعا عظمية تحيط بمنطقة « الصدر » ، وان اجزاء هذه الدرع كونت فيما بعد غطاء ادميا للكتف وذلك بالرغم من ان عناصر الغطاء تشبه تلك الموجودة فى الطرز العليا . وفى




شكل ١٢٣ : الحزام الكتفى فى الأسماك والبرمائيات .

أ — قشرية الجلد الديفونية . ب — سمك القرش . ج — فصية الزعانف الديفونية . د — سمك كامل التعظم ( الرنجة ) . هـ — برمائى فى العصر القديم . و — ضفدعة . ز — سلمندر(تظهر الغضاريف منقطة) يلاحظ وجود حزام أدمى فى كل الحالات فيما عدا ب ، ز . وهو مميز جـــدا فى الأسماك أ ، جـ ، د ، اذ يشمل كل القطع فيما عدا عظام اللوح والغرابى ، وفى قشرية الجلد ( أ ) يكون الحزام الأدمى الجزء الجانبى لدرع الصدر . وفى البرمائيات يختزل هذا الحزام أو يختفى ، وفيما عدا القروش يكون الحزام الداخلى صغيرا نسبيا فى الأسماك ومختفيا جزئيا أسفل العناصر الأدمية، وفى البرمائيات يتسع الحزام الداخلى ويتعظم عادة من مركز مفرد مشابه لعظم اللوح فى الرهليات ، غير أن للضفدعة عظما غرابيا . ومعظم الحزام الداخلى غضروفى فى البرمائيات الحية .

١ — غرابى أمامى ٢ — ترقوة ٣ — غرابى فى كاملة التعظم ( ويشك فى تشابهه مع الغرابى فى حيوانات اليابسة ) ٤ — الكليثرم ٥ — ثقب فى الصفيحة الغرابية فى الضفدعة ٦ — ثقب غرابى لمـرور العصب والأوعيـة الدمـوية ٧ — التجويف الاروح وهو نقطة اتصال الزعنفة فى الأسماك ٨ — بين ترقوة ٩ — نتوء قبل غرابى للصفيحة الغرابيـــة ١٠ — كليثرم خلفى ١١ — خلف الصدغ ١٢ — اللوح ١٣ — تعظم لوح غرابى مفرد فى الأسماك ١٤ — فوق الكليثرم ١٥ — فوق اللوح ١٦ قص ( الغضروف منقط ) . ( أ عن ستنسو ــ جـ عن جارفك ــ د ، و عن باركر ) .



شكل ١٢٤ ـ الحزام الكتفى فى الزواحف والثدييات

أ ـ كوتياوزور ، ب ـ سفينودون ، جـ ـ سحلية ، د ـ سلحفاة هـ ـ تمساح ، و ـ طائر ذ ـ بليوكوزور ( زاحف بدائى شبيهة بالثدييات ). ش ـ زواحف شبيهة بالثدييات ، ف ـ وحيد المسلك ( خلد الماء ) ، ت ـ أبو سوم ، ويظهر القص فى ب ، هـ ، و . ويوجد عظم غرابى (أمامى)مفرد فى معظم الزواحف والطيور ، أما فى الجماعات الشبيهة بالثدييات فيظهر الغرابى الحقيقى ويظل موجودا ، بالرغم من اختفاء مكان الصفيحة الغرابية . وحدود اللوح والغرابى غالبا ما تكون غضروفية فى الزواحف . وفى السحالى تكون عظام اللوح والغرابى مثقوبة غالبا لمنشأ العضلات . وقد اختفت الكليثرم فى كل الرهليات الحية . ولكنها ظلت باقية طويلة فى الجماعات الشبيهة بالثدييات ( ز ، ش ) ، ومكانها ممثل بشوكة اللوح ، التى تقع على الحافة الأمامية للوح فى وحيدة المسلك . وخلف الحفرة فوق الشوكية للثدييات العليا

١ ـ الغرابى الأمامى فى الزواحف والطيور ووحيدة المسلك ٢ ـ أخرمى ٣ ـ ثقب غرابى ٤ ـ ترقوة ٥ ـ غرابى حقيقى ٦ ـ كليثرم ٧ ـ بين ترقوة ٨ ـ حفرة تحت شوكية ٩ ـ اللوح ١٠ ـ شوكة اللوح ١١ ـ حفرة فوق شوكية ١٢ ـ قص . (جـ ، ف عن باركر جزئيا ، ش عن ببرسن ).

كل الأسماك العظمية البدائية يوجد نموذج مميز للعناصر الأدمية . وفى الناحية البطنية لكل جانب توجد **ترقوة** صغيرة مماثلة « لعظم الترقوة » المعروف ، وفى الأسماك يوجد فوق الترقوة عظم آخر كبير يسمى **الكليثرم** ، يعلوه عظم أو عظام كثيرة الى أعلى والى الأمام فوق الحجرة الخيشومية لتتصل بالحافة الخلفية للجمجمة . ويميز هذا الطراز من الأحزمة كل فصية الزعانف والأسماك الرئوية ، كما أنه كان موجودا فى الأسماك مشععة الزعانف القديمة ، ولا يزال موجودا فى الجماعات البدائية الحيّة من هذه الأسماك . غير أن الأسماك مشععة الزعانف المتقدمة قد فقدت عظم الترقوة، مخلفة وراءها عظم الكليثرم كغطاء خارجى للحزام الغضروفى الداخلى الذى يقع اسفله .

وقد ظلت فى فقاريات اليابسة البدائية عظام الترقوة والكليثرم التى فقدت اتصالها مع الرأس . جتى تتحرك بحرية أكثر . ولم تكن هذه العظام صفائح عريضة ، بل كانت تراكيب ضيقة نسبيا تتصل بالحافة الامامية للحزام الداخلى . وقد ظهر عظم جديد هو **بين الترقوة** على هيئة صفيحة وسطية بطنية تتصل بها النهايات السفلى المتسعة للترقوة . وفى فقاريات اليابسة المتأخرة اتخذت العناصر الأدمية مسلكا آخر فى حياتها ، كما هو موضح فى شكل ١٢٤ . فقد اصبحت الكليثرم غير هامة عند بداية عصر الزواحف وكل ما تبقى منها الآن هو قطعة صغيرة قد توجد اعلى الحافة الأمامية للحزام الكتفى فى اللاذيليات . وقد اختفى الحزام كلية فى كل من الذيليات واللاقدميات والثعابين ، وفى كثير من الثدييات . ولا يزال عظم بين الترقوة موجودا فى كثير من الزواحف والثدييات البدائية البيوضة ، وفيما عدا ذلك فهو مختف تماما . أما عظم الترقوة فلا يزال موجودا فى اللاذيليات والعظاءات « السحالى » والسفينودن وفى نسبة كثيرة من الثدييات . وعظام الترقوة المندغمةتكون البيدس أو عظم الخط او « عظم التمنيات » فى الطيور . وتندمج عظام الترقوة وبين الترقوة فى السلحفيات ، كما لاحظنا فى الدرقة .

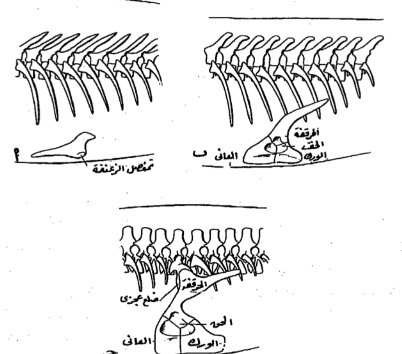
**حزام الكتف الداخلية :** ( شكلى ١٢٣ ، ١٢٤ ) . للحزام الداخلى اهيمة أكبر من اهمية المكونات الآدمية ، حيث يتمفصل معه عظام الطرف ، بالاضافة الى كونه مكانا هاما لاتصال عضلات هذا الطرف ، وهو غضروفى

فى الأسماك الغضروفية ، لكنه يتعظم عادة جزئيا أو كليا فى الأسماك الأخرى. وتختلف درجة التعظم فى الأسماك الى حد ما ، ولا يعنينا ذلك الآن ، لـكن النمط العام لبناء الحزام الداخلى الذى يشاهد فى الأسماك مشابه لـذلك الموجود فى رباعيات القدم ، ففى وسط كل جانب من الحزام يوجـد جيب و عدة جيوب ، لتمفصل عظام الطرف ، فاذا ما تمفصل عنصر واحد فى هذا المكان ـ كما فى بعض الأسماك وجميـع رباعيات القـــدم ـ سمى الجيب **بالتجويف الأروح** . وتعلو هذا التجويف صفيحة عظمية أو غضروفية مغطاة بالحزام الأدمى قد تسمى **الفصل اللوحى** ، وأسفل تمفصل الزعنفة وعنـد مستوى الجزء السفلى للهيكل الأدمى توجد **الصفيحة الغرابية** . ويظل هذا التركيب موجودا فى فقاريات اليابسة البدائية أساسا . غـير أن الحـزام الداخلى يتسع كثيرا نظرا لاختزال العناصر الادمية كما لاحظنا . ويتمشى ذلك مع الزيادة فى حجم الطرف فى رباعيات القدم وحاجته الى دعامة اقوى ومساحات متزايدة لاتصال العضلات . وفى البرمائيات البدائيـة يتعظـم الحزام الداخلى كعنصر مفرد يظهر من الدراسة المقارنة انه عظـم اللوح فى الطرز المتأخرة . ويظهر فى اللاذيليات والزواحف تعظم بطنى ثان يجعـــل تعظم **اللوح** مقصورا على النصل اللوحى فقط ، وكثيرا ما يسمى هذا التعظم البطنى **بالغرابى** فى الضفادع والزواحف ، غير أن هذا التعظم لا يشبه عظم الغرابى الحقيقى فى الثدييات ، وعلى ذلك فمن الأفضل أن يسمى **الغرابى الأمامى** . ويوجد فى الزواحف والطيـــور حزام داخلى مكون من هـذين العنصرين . بالرغم من وجود اختلاف واضح فى الشكل من مجموعة الى أخرى ففى الجماعات البائدة التى أدت الى الثدييات ظهر الغـــرابى الحقيقى فى الصفيحة الغرابية من الناحية الظهرية ، واحتل تدريجيا مكان الغـــرابى الأمامى فى الزواحف شبيهة الثدييات ( شكل ١٢٤ ش ـ ف ) .

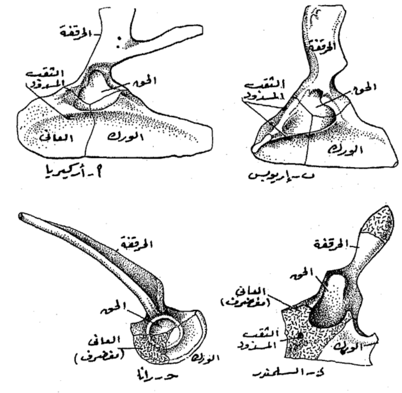
وللثدييات وحيدة المسلك البيوضة حزام كتفى يشبـه تقريبـا ذلك الموجود فى أسلافها من الزواحف . وعند الانتقال الى الكيسيات والثدييات المشيمية يظهر تغيير واضح ؛ اذ تختفى الصفيحة الغرابية المميزة فى رباعيات القدم الدنيا كلية ، مخلفة نصل اللوح أعلى التجريف الأرواح ، وبروزا ضئيلا شبيها « بمنقار الغراب » عند الحافة السفلى يمثل العظم الغرابى ويصـــل اللوح تركيب مزدوج له **شوكة اللوح** ممتدة أسفل الوسط ومنتهية عنـــد **النتوء الأخرمى** لتتصل بالترقوة . وتوضح الأدلة ان هذه الشوكة تمثـــل

الحافة الأمامية لنصل اللوح السفلى ، وان السطح أمام ( أو أعلى ) الشوكة يمثل تكوينا جديدا . وتتعلق هذه التغيرات الرئيسية فى بناء الحزام بالتغيرات الواضحة فى عضلات الطرف ( قارن شكل ١٨٦ ) .

**الحزام الحوضى** ( أشكال ١٢٥ ــ ١٢٨ ، ١٣٠ ) . الحزام الحوضى ، فى الأسماك متوسط الحجم ، ويكون كل من نصفى الحزام عنصرا غضروفيا أسفينيا يقع فى الأنسجة الضامة فى بطن السمك ، ولا يتصـــل بالعنـاصر الهيكلية الأخرى فى الجسم . ويلتقى النصفان عادة عنـــد الخط المنصف البطنى ليكونا الارتفاق العانى .




شكل ١٢٥ ــ رسم تخطيطى يبين مراحل تكوين الحزام الحوضى والعجـــز أثناء نشوء البرمائيات من الأسماك . أ ــ منظر جانبى من اليسار لمنطقـــة الحزام الحوضى فى سمكة مبينا العمود الفقرى والضلوع من أعلى والحزام الحوضى الصغير فى الناحية البطنية . ب ــ نفس المنظر فى حيـــوان برمائى بدائى ، ويوجد فى بعض البرمائيات البـــائدة المبكرة . يلاحظ أن الحزام الحوضى قد اتسع وظهرت به العناصر العظمية الثلاثة النموذجية ، فالحرقفة ممتدة الى أعلى ، ومتصلة بالعمود الفقرى بواسطة روابط تربطها بالضلوع المجاورة . جـ ــ نفس المنظر كما فى ب ، لكن الحزام هنا قد ازداد فى النمو ، وقد اتصلت الحرقفة اتصالا وثيقا بضلع عجزى كبير .




شكل ١٢٦ ـ لحزام الحوضى فى البرمائيات .

أ ـ لابرينثودونت بدائى بائد ، ب ـ لابرينثودونت نموذجى متقدم ،
ج ـ ضفدعة ، د ـ برمائى ذيلى . ويلاحظ وجود نتـــوء خلفى بدائى فى الحرقفة فى معظم الزواحف ( راجع اشكال ١٢٧ ، ١٢٨ ) . لكنه مختفى فى معظم البرمائيات وهو ممثل ببروز صغير فى ب ). وفى اللاذيليات تمتـــد الحرقفة على شكل قضيب مستطيل . ولقد كان العانى متعظما تمـاما فى البرمائيات البدائية الا انه بقى غضروفيا فى كثير من الجماعات البائدة وكل البرمائيات الحديثة .

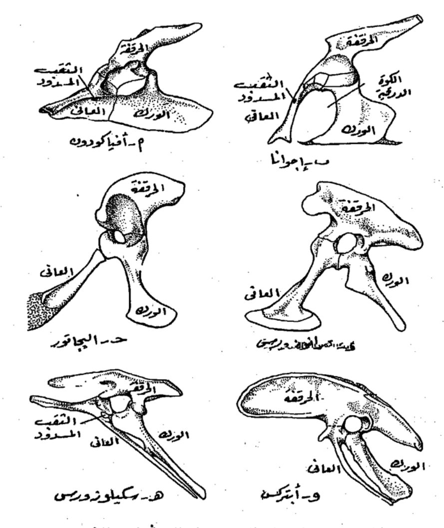
ويزداد حجم الحزام الحوضى فى رباعيات القدم حيث تكون الأطراف الخلفية قوية ، ومن الضرورى أن يتصل الحزام بالهيكل المحورى كى«يثبت» الأطراف ، ويتسع جزؤه البطنى مكونا صفيحة عريضة تتصل بها عضـلات الطرف ، وتتعظم هـذه الصفيحة فى جزاين ، هما : **العـانى** اماميا ، **والورك** خلفيا . ويخترق العـانى ثقب واسع هو **الثقب المســدود** ، الذى يمر به عصب الى جزء من عضلات الطرف . وعند قمة هذه الصفيحة يوجد تجويف **الحق** الذى يبيت فيه راس عظم الفخذ . ويرتفع جزء من الحزام اعلى الحق ليتصل اتصالا وثيقا بالعمود الفقرى عن طريق الضلوع العجزية ، ويتسع

عادة ليكون نصلا تتصل بظهره عضلات الطرف . ويعرف هذا الجـــزء من الحزام **بالحرقفة** ، وهو تركيب غير معروف فى الأسماك .

ويظل هذا التركيب الضرورى للحزام الحوضى موجودا فى معظم رباعيات القدم فيما عدا الحالات التى يختزل فيها الطرف أو يختفى . ولا تتعظـم الحرقفة فى البرمائيات الحديثة ، أما فى اللاذيليات فتكون على هيئة قضيب مستطيل نظرا لقصر العمود الفقرى . وهناك تحوران فى الصفيحة البطنية للحزام الحوضى للزواحف ، ففى السفينودن والعظاءات « السحـالى » توجد فتحة كبيرة تعـرف **بالكوة الدرقية** ( قلبيـة الشـكل ) على هـــذه الصفيحة لمرور عضلة كبيرة للطرف تنشأ فى هذا المكان ، اما فى التماسيـح وكثير من الديناصورات فتتحور الصفيحة بطريقـة اخرى ، كما هـو مبين فى ( شكل ١٢٧ جـ ، د ) ، ففى الجماعات البدائيـة من مجموعة الزواحف القديمة ( وهى المجموعة الكبيرة التى تتبعها هـذه الزواحف ) كان هنـاك اتجاه قوى للمشى على طرفين، وكان من دواعى ذلك، ولسهولة عمل الأطراف، أن تتصل العضلات بالنهايات الأمامية والخلفية للصفيحة بدلا من الوسط ، لهذا استطالت نهايات العانى والورك واتجهت الى اسفل ، فى حين ضـاق الجـزء الوسطى للصفيحـة واتخـذ الحـزام شـكلا ثلاثى التفـرع . وفى الديناصورات الشبيهة بالطيور ، والطيور المنحدرة من الزواحف القديمـة اتجه العانى الى الخلف واصـــبح موازيا للورك ( شكل ١٢٧ هـ ، و ) . وفى مجموعة الديناصورات التى لها مثـل هـذا الطراز من الحـزام الحوضى ، تكونت شوكة امامية للعانى لتدعم البطن ، ولا توجد مثل هذه الشـوكة فى الطيور حيث يقوم بدعامة البطن قص كبير ( قارن شكل ١١١ ) .

واثناء تطور الثدييات تكونت فتحة كبيرة فى الصفيحة البطنية (شكل ١٢٨) مقابلة للكوة الدرقية فى بعض الزواحف ، غير أن هـذه الفتحة على العكس تحتـــوى على ثقب العصب البطنى ، وبذا تسمى **بالكوة المســدودة** . وفى الثدييات البيوضة والكيسيات ، توجد دعامات بطنية على هيئـــة زوج من عظام قبل العانى ، وتعرف بالعظام الكيسية حيث انهـا تدعم الكيس الذى يحمل الصغار ، ولا توجد هذه العظام فى المشيميات .

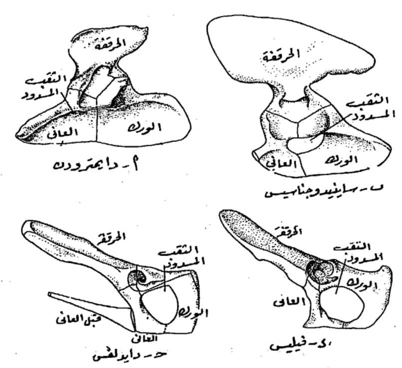
ونتيجة لتغيير وضع الأطراف فى الثدييات فقد تحورت عضلات الطرف الامامية والخلفية كثيرا ، والتف العانى والورك الى الخلف واسـفل الحق ، أما الحرقفة فقد اتجهت الى الامام والى أعلى لكى تهيىء مساحات مناسبة لاتصال العضلات .




شكل ١٢٧ ــ الحزام الحوضى فى الزواحف والطيور .

أ ــ زاحف بدائى ، ب ــ سحلية ، ج تمساح ، د ــ ديناصور شبيه بالزواحف ( ساوريسكيا ) ، هـ ــ ديناصور شبيه بالطيور ( أورنثيسكيا ) ، و ــ طائر ( كيوى ) .

فى أ ، ب تكون الحرقفة على هيئة نصل منخفض ، اما فى البقية فعريضة ومتسعة كثيرا ، وفى الطيور والديناصورات التى تمشى على قدمين تنمو الحرقفة الى الأمام كما فى الثدييات ( راجع شكل ١٢٨ ) . وفى الأركوزوريا ( ب ، د ، هـ ) والطيور المنحدرة منها توجد فتحة فى الحق لاستقبال راس عظم الفخذ ، اما فى الزواحف البدائية فتكون العانى والورك صفيحة صلبة واحدة . وفى السحالى تتكون بين العانى والورك كوة درقية كبيرة تنشأ منها عضلة كبيرة للفخذ ( السفينودن والسحالف لهما نفس التركيب ) . وهــذه الكوة مشابهة لتلك التى توجد فى الثدييات الا ان الثقب المسدود فى الثدييات هو الذى يختص بتكوينها . وقد يبدو ظاهريا نفس التركيب فى اليجاتور




شكل ١٢٨ — الحزام الحوضى فى الزواحف الشبيهة بالثدييات والثدييات
أ — بليكوسوريا بدائية ، ب — زاحف شبيه بالثدييات ، جـ أبو سوم ، د — قط .

الحزام فى دايمترودن من طراز الزواحف البدائية ، وفى ساينيدوجناسس تنمو الحرقفة كثيرا الى أعلى ، أما العانى والورك فقد اتجها قليلا الى الخلف فى الناحية البطنية . وقد اتسعت دائرة الثقب المسدود بينها ( وهذا الموضع مشابه لكثير من الزواحف الحديثة ) وكونت كوة درقية ، أما أبو سوم والقط فلهما حزام من الطراز الثديى النموذجى به ثقب مسدود كبير ، وورك قصير وحرقفة رفيعة ( الا أنه فى بعض الثدييات الكبيرة تتسع الحرقفة اتساعا ثانويا ) . الأبوسوم ككثير من الكيسيات ووحيدة المسلك له زوج من العظام الكيسية لا توجد فى المجموعات الثديية الأخرى . ( وفى القط كما فى بعض ثدييات أخرى ، يظهر عظم اضافى فى الحق ) .

---

تابع شكل ١٢ = والساورينسكيا والحقيقة أن العانى والورك يلتقيا الى أسفل وأن الحافة البطنية الحقيقية للحزام هى فى الواقع الجزء السفلى للعانى والورك . وفى جـ ، د يتكون الحزام من ثلاث قطع يكون فيها العانى بسيطا فى التركيب ، أما فى هـ فالعانى له بروز آخر مستطيل وبذا يكون الحزام رباعى التشعب . وفى الطيور يختزل النتوء الأمامى للعانى أو يختفى ، أما فى اليجاتور فيبتعد العانى عن الحق بوجود الورك ، وتمتد منطقة العانة الى الأمام فى البطن على هيئة غضروف ليفى .

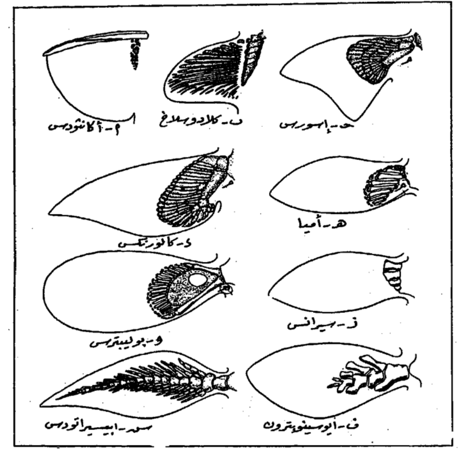
**الزعانف المزدوجة فى الأسماك** : ( أشكال ١٢٩ ، ١٣٠ ) .

لقد سبق أن استعرضنا بعض النظريات الخاصة بمنشأ الزعانف المزدوجة ، وبخلاف عدة طرز بائدة مبكرة عجيبة نرى أن هناك طرازين أساسيين ( مع بعض طرز اخرى وسط بينهما ) لهياكل الزعانف المزدوجة فى الأسماك الحية والبائدة . فطراز **الزعنفة القديمة** واضح فى السمك الرئوى ، ابيسيراتودس ( شكل ١٢٩ ش ، ١٣٠ د ) . وفى هذا الطراز يتكون الهيكل من محور رئيسى له فروع جانبية ، وهو طراز موجود أيضا فى بعض فصيلة الزعانف الأكثر بدائية ، وعلى هذا فهو بدائى فى لخمية الزعانف عامة . والجدير بالذكر أن معظم فصيلة الزعانف البائدة كان لها مثل هذا الطراز الزعنفى فى صورة مختصرة ( أشكال ١٢٩ف ف ، ١٣٠ هـ ) يمكن اعتباره سلفا للأطراف الأرضية لرباعيات القدم ، ولا يعرف طراز الزعنفة القديمة فى الأسماك الا فى مجموعة واحدة من القروش .

أما الطراز الثانى فهو ثنية الزعنفة التى وجدت فى قروش العصر القديم مثل كلادوسلاخى ( أشكال ١٢٩ ب ، ١٣٠ أ ) . لقد كانت الزعنفة عريضة عند قاعدتها ولها حركة ضئيلة ، كما كانت اكبر قليلا من كونها عضو توازن افقيا . وفى القروش المتأخرة والكايميرات ( أشكال ١٢٩ جـ ، د ، ١٣٠ ب ، جـ ، و ) ضاقت قاعدة الزعنفة كثيرا لدرجة سمحت بحرية كبيرة للحركة ، أما قواعد العوارض المدعمة للزعنفة فقد تجمعت جنبا الى جنب ، وتكون **حامل أشعة خلفى** ليعمل كمحور تتمفصل عليه معظم هذه العوارض ، ومن المحتمل أن يكون طراز الزعنفة القديمة قد تطور بتكوين محور من هذا القبيل .

والأسماك مشععة الزعانف هى المجموعة التى تدعم زعانف أشعة قرنية وعند قاعدة الزعنفة تتركز العضلات والهيكل الذى يتركب من عدة عوارض قصيرة من العظم أو الغضروف ( أشكال ١٢٩ هـ ــ ش ، ١٣٠ ش ــ ت ) . وهذه العوارض متوازية كما فى القروش البدائية ولكنها قليلة العدد ( فيما عدا فى جماعات بدائية مثل السترجون ) ونتيجة لذلك تكون الزعنفة مرنة ولها قاعدة ضيقة .

والزعانف الصدرية اكبر الزعانف المزدوجة فى معظم الأسماك ، فهى تبلغ احجاما كبيرة فى القوابع والشعاعات ، فى حين تختزل الزعانف الحوضية

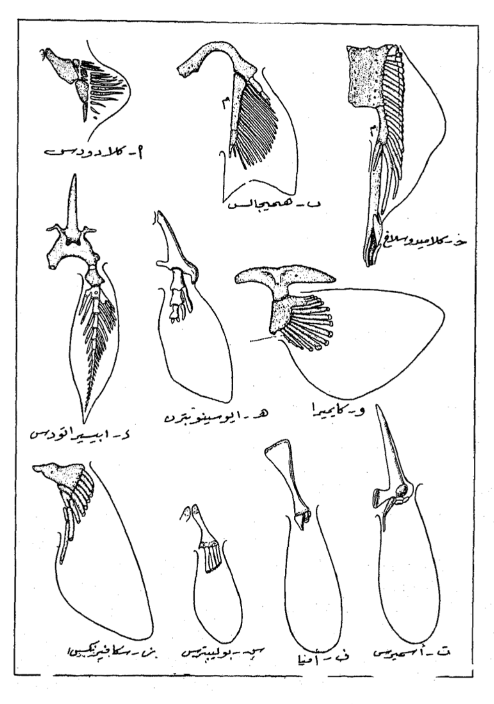



شكل ١٢٩ — الزعانف الصدرية فى الأسماك

( مناظر سطحية للزعانف اليسرى فى أسماك مختلفة ، وتظهر الحدود الخارجية للزعانف كاملة ، وجميعها فيما عدا ( أ ) تبين منطقة التمفصل مع الحزام الصدرى من جهة اليمين ) .

أ — أكانثودونت بائد ، يلاحظ أن هيكل الزعنفة ضعيف التكوين وان هناك شوكة تعمل كدعامة للزعنفة وتساعد على قطع الماء اثناء العوم .
ب — قرش بدائى بائد تظهر فيه دعامات الزعنفة على هيئة عوارض طويلة متوازية ، جـ — قرش حديث لزعنفته قاعدة ضيقة مرنة ، تتركز فيهـــا العوارض على محور حامل أشعة خلفى ( م ) ، د — طراز مشابه فى الكايميرات هـ — طراز مشععة الزعانف البدائية ، للزعنفة عوارض متوازية ومحـــور حامل أشعة خلفى ، و — تحور منحرف للطراز السابق هـ ، فى بوليترس ، ذ — زعنفة سمك كامل التعظم لها هيكل مختزل جدا ، ش — طراز الزعنفة القديمة النموذجى فى الأسماك الرئوية الأسترالية ، ف — الزعنفـة القديمة المختصرة فى نوع من فصية الزعانف البائدة .

( أ ، عن واطسون ، ب عن دين ، جـ ، د عن ميفارت ) .




شكل ١٣٠ — الزعانف الحوضـــية فى الأسماك . ( منظر سفلى للزعانف اليسرى لأسماك مختلفة ، الخط المنصف للجسم ناحية اليسار فى الشكل والاتجاه نحو الرأس الى أعلى ) .

أو تنعدم فى بعض الأسماك كاملة التعظم ، أو تقع فى منطقة الكتف ( شكل ٣٣ ب ) ، أو فى مكان أسفل « الذقن » . وتحمل الزعانف الحوضية فى ذكر الأسماك الغضروفية كلابات أصبعية تساعد فى عملية الاخصاب الداخلى ( أشكال ٢٤ ، ١٠٧ ، ١٣٠ جـ ) .

## طرف رباعيات القدم :

قد يبدو من أول وهلة أن هناك اختلافا بينا بين اطراف فقاريات اليابسة وزعانف الأسماك ، غير أنهما متشابهان فى التركيب الأساسى : فعناصر الطرف فى رباعيات القدم تشبه الى حد كبير تلك التى توجد فى كثير من فصية الزعانف . كما أن عضلات الطرف المعقدة يمكن أن تنقسم الى مجموعتين متقابلتين تشبهان العضلات الموجودة على السطحين العلوى والسفلى لزعنفة السمك المزدوجة . ويتركب الطرف فى فقاريات اليابسة البدائية من ثلاث قطع هيكلية رئيسية ( شكل ١٣١ ) . ففى كل من الأطراف الأمامية ( الصدرية ) والخلفية ( الحوضية ) تتكون القطعة القريبة من عظم واحد ، العضد أو الفخذ ، يمتد جانبيا من الجسم . وبعد منطقة الكوع أو الركبة توجد قطعة ثانية رأسية تقريبا وتتكون من عظمين : **الزند والكعبرة** فى الطرف الأمامى **والقصبة والشظية** فى الطرف الخلفى . يأخذ العظم الاول

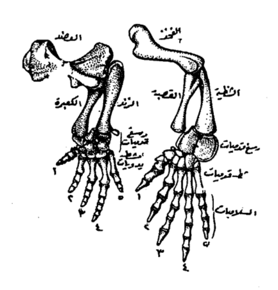
---

تابع شكل ١٣٠ = تتضمن الأشكال أيضا النصف الأيسر الحزام الحوضى ، الا فى حالات اندغام الانصاف فيظهر الحزام كله فى الشكل .

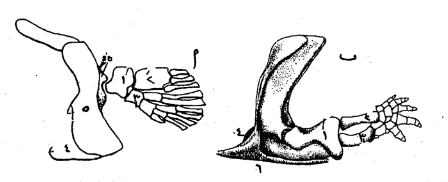
أ ــ قرش بدائى من العصر الفحمى ، للزعنفة قاعدة عريضة وبها عوارض متوازية دعامية ، ب ــ أنثى قرش حديث ، للزعنفة تركيب مشابه ، جـ ــ ذكر قرش ، به غضاريف اضافية تدعم الكلابة ، د ــ الزعنفة القديمة فى الأسماك الرئوية الاسترالية ، هـ ــ الزعنفة القديمة المختصرة فى فصية الزعانف القديمة ، و ــ أنثى كايميرا ، الزعنفة مشابهة تماما لزعنفة القروش ، ز ــ السترجون وله بنيان مشابه لزعانف القروش ، ش ــ بوليترس ، ف ــ الزعنفة القوسية فى آميا ، ت سمك كامل التعظم ، وبه اختزال شبه تام للهيكل العظمى للزعنفة ، م ــ حامل أشعة خلفى . ( أ عن جاكل ، ب عن جارمان ، جـ عن جودى ، د ، ش ، ف عن دافيدوف ، هـ عن جريجورى) .

فى كلا الطرفين وضعا اماميا أو وسطيا عن الآخر . اما القطعة الثالثة من الطرف فهى **اليد** او **القدم** . وتشتمل كل منهما على ثلاثة عناصر هى : **رسغ اليد** أو **رسغ القدم** وهذه تساعد على تحريك اليد أو القدم على الساعد أو الساق ، **ومشط يدوى** او **مشط قدمى** وتقع فى راحة اليد واخمص القدم ، ثم **السلاميات** فى الأصابع .

وتشابه عظام هذه الأطراف فى ترتيبها عظام الزعانف المزدوجة فى فصية الزعانف أسلاف رباعيات القدم ( شكل ١٣٢ ) حيث تحتوى الزعنفة . كما فى الطرف ، على عنصر منفرد فى القطعة الأولى ، واثنين فى الثانية . اما العناصر البعيدة فى قصبة الزعانف المعروفة فلها ترتيب متفرع مختلف يحتمل أن يكون قد نتج عنه ظهور نمط اليد أو القدم فى رباعيات القدم . ويبدو أن هناك اختلافات واضحة بين الأطراف الأمامية والخلفية فى رباعيات القدم . كما هو ملحوظ فى التناقض بين المفاصل الرئيسية فى الطرفين . فالساعد . مثلا . يدور بحرية على العضد ، أما الركبة فمجرد مفصل بسيط . ومن ناحية أخرى لا يمكن لليد أن تدور على الساعد ، ويحتفظ الكرسوع ( رسغ القدم ) بقدر كاف من الدوران فى كل رباعيات القدم حتى الثدييات . وترجع هذه الاختلافات المتباينة الى الطريقة التى ظهرت بها الأطراف الارضية من زعانف السمك ( شكل ١٣٣ ) ، فيظهر أن الزعنفة الصدرية قد لامست الأرض عن طريق دوران حاد عند الكوع مما أدى الى انحراف جزء الطرف البعيد الى الأمام . واتخذت الأصابع موضعا متجها الى الأمام . اما الطرف الخلفى فقد اتجه باستقامة الى الخارج ولامس الأرض بانحناءة بسيطة عند الركبة . وكان يمكن للأصابع أن تتجه جانبيا لولا أن حدث تطور آخر لمنطقة الكرسوع ، شمل أيضا القدرة على الدوران ، وادى الى اتجاه الأصابع الى الأمام .



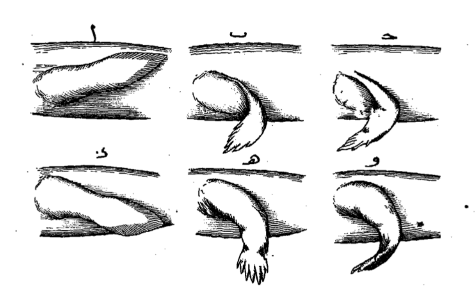
شكل ١٣١ – رسم تخطيطى للأطراف اليسرى الأمامية لزاحف بدائى ( اوفياكودن ) يبين النمط العام لبناء الطرف فى رباعيات القدم المبكرة .



شكل ١٢٣ – الحزام الكتفى والزعنفة الصدرية فى « ا » سمكة من فصية الزعانف و « ب » برمائى بائد قديم فى وضع مشابه ، وذلك لتوضيح التشابه الأساسى فى تركيب الطرف .

١ – عضد ٢ – كعبرة ٣ – زند ٤ – ترقوة ٥ – كليثرم ٦ – بين ترقوة ٧ – لوح ٨ – فوق الكليثرم .

( أ عن جريجورى ) .

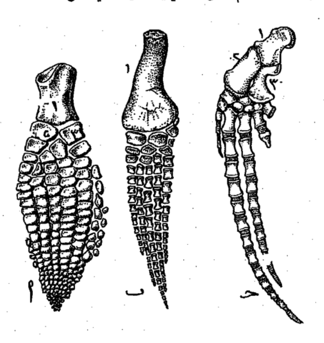



شكل ١٣٣ ــ رسم تخطيطى يوضــــح التغيير الموضعى للأطراف المزدوجة فى مراحل الانتقال من الأسماك الى البرمائيات .

أ ــ جـ ــ طرف صدرى ، د ــ و ــطرف حوضى ، أ، د ــ موضـــــع الأطراف فى السمك ، ب ، هـ ــ موضــع الأطراف فىالمرحلة الانتقاليـــــة ، جـ ، و ــ بموضع الأطراف فى البرمائيات .

**وظيفة الطرف وموضعه :** لقد لاحظنا سابقاأن دفع الجسم فى الأسماك الى الأمام يتم بمساعدة الحركات المتموجة للجسم . وفى فقاريات اليابسة التى لها نسب جسمية بدائية مثل السلمنــدر ( شكل ١٢٠ ب ) لا تزال الحركات المتموجة للجسم تلعب دوراً هاما فى الحركة ، وتعمــل الأطراف كأعضاء ساكنــة تتلقى دفع تموجات الجســـــم على الأرض . وقد اتخذت الأطراف فى رباعيات القدم عامة دورا ايجابيا وسائدا فى التقدم الى الأمام . ففى رباعيات القدم البدائيـــة . كما فى الذيليـــــات والسلاحف والعظاءات « السحالى » ، كانت الأطــراف متهــدلة على جانبى الجســـم ، وكـــان جهد كبير يبذل للحفاظ على الجسم بعيدا عن الأرض . وقد تحسنالوضعفى

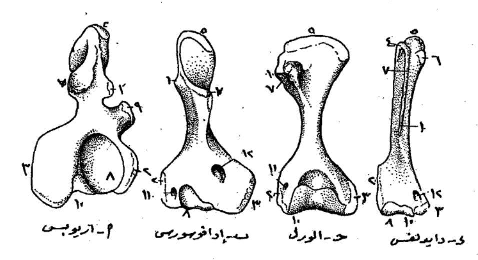
كثير من رباعيات القدم ؛ ففى الزواحف السالفة كان هناك اتجاه الى المشى على طرفين ، وكانت الأطراف الخلفية قوية ومتجهة الى الأمام اسفل الجسم لتخطو خطوات واسعة ولتعطى دعامة مباشرة للجسم المستند الى الأطراف العمودية ، وقد تحددت الأطراف الأمامية كأجنحة فى الزواحف الطائرة والطيور ، غير ان كثيرا من الديناصورات والتماسيح قد عادت مرة اخرى الى استخدام الأطراف الأربعة فى المشى على الارض . وقد حسنت اسلاف الثدييات طريقة مشيها ، فاكتسبت دعامة فعالة لجسمها بأن اتخذت الأطراف وضعا أماميا وخلفيا قريبا للجسم ، واصبحت الثدييات عامة تجيد العدو على أربع ، وبالرغم من أن بعضها قد جادت عن هذا النمط الحركى مثل الثدييات الطائرة والبحرية ومع العودة الى الحياة المائية لكثير من رباعيات القدم والزواحف المختلفة مثل بعض السلحفيات والبليسيوساوريا البائدة والزواحف السمكية فقد تحورت الأطراف الى مجاديف ( شكل ١٣٤ ) . كما أن بعض رباعيات القدم مثل اللاذيليات وعديد من العظاءات « السحالى »




شكل ١٣٤ ــ نماذج من الأطراف الصدرية لبعض رباعيات القدم البحرية التى تحولت الى مجاديف شبيهة بزوائد السمك .

أ ــ طرف الزواحف السمكية ، ب ــ طرف البليسيوساوريا ، جـ ــ طرف الحوت .

يلاحظ ان العظام القريبة فى كل هذه الاطراف قد قصرت واصبحت عريضة ، وان السلاميات قد زادت فى عددها ١ ــ عضد ، ٢ ــ كعبرة ، ٣ ــ زند . ( أ عن هيون ، ب عن ويليستن ، جـ عن فلور ) .

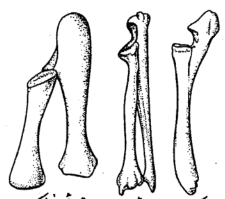



شكل ١٣٥ ــ عظام العضد فى : أ ــ برمائى من العصر القديم ، ب ــ زاحف بائد بدائى ، جـ ــ سحلية ، د ــ أبو سوم ( منظر من السطح السفلى) لقد كانت عظام العضد البدائية قصيرة بدون ساق ، ولها نهايات عريضة ( فى أ ، ب تلتف النهاية القريبة للعضد ٩٠° ولذلك فهى تبدو رفيعة ) . ويوجد عرف واضح فى كل عضد تتصل به العضلات الدالية والصدرية . وفى الطرز المتأخرة أصبحت العظام طويلة نسبيا ورفيعة خاصة فى الحيوانات الصغيرة. وتكونت فى الزواحف البدائية ثقوب داخلية أو خلفية ، وخارجية أو أمامية فوق اللقمة عند النهاية البعيدة للعضد ، ويظل الثقب الداخلى موجودا فى كثير من الثدييات وفى سفينودن أما الثقب الخارجى فموجود فى كثير من الزواحف .

١ ــ عرف دالى ، ٢ ــ فوق لقمة خارجية لاتصال العضلات الباسطة للساعد ، ٣ فوق لقمة داخلية لاتصال العضلات المقربة للساعد ، ٤ ــ درنة كبيرة لاتصال العضلات فوق الشوكة وتحت الشوكة ، ٥ ــ راس العضد ، ٦ ــ درنة صغيرة لاتصال عضلة تحت اللوح ، ٧ ــ عرف صدرى ، ٨ ــ لقمة شعاعية ، ٩ ــ نتوء ( باطح ) يساعد على تكوين ثقب فوق اللقمة الخارجى فى الزواحف ، ١٠ ــ لقمة زندية أو البكرة ، ١١ ــ ثقب فوق لقمة خارجى ، ١٢ ــ ثقب فوق لقمة داخلى .

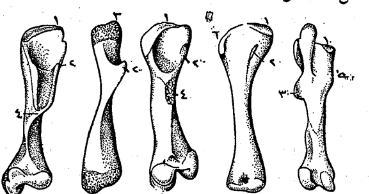
والثعابين قد اختزلت أطرافها أو فقدتها ثانويا ، وعادت الى الحركات المتموجة للجسم كوسيلة للحركة ، كما لو كانت « تعوم » على الأرض أو تحتها .

**العظام الرئيسية للطرف** : ( اشكال ١٣٥ ــ ١٣٨ ) . فى رباعيات القدم البدائية كان عظم العضد صلدا قويا منبسطا عند نهايته ، ثم أصبح فى كثير من




شكل ١٣٦ — الزند والكعبرة ( كما ترى من السطح الأمامى أو الباسط ) فى :
أ — زاحف بدائى ، ب — دب ، يمثل حيوان ثديى نموذجى ، جـ — حصان .

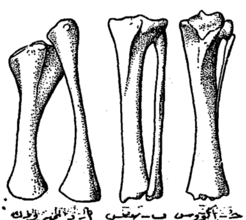
يتمفصل العضد مع السطح المنحى لثلم الزند والرأس القريبة للكعبرة . ويستخدم نتوء المرفق فى اتصال العضلة ثلاثية الرؤوس القوية التى تبسط الساعد . ويختزل الجزء السفلى للزند ، ويندغم مع الكعبرة فى كثير من الثدييات مثل الحصان .




شكل ١٣٧ — عظام الفخذ كما ترى من السطح البطنى فى :
أ — برمائى بدائى بائد ، ب — برمائى ذيلى ، جـ — زاحف بدائى د — زاحف شبيه بالثدييات ، هـ — الحصان .

١ — الرأس ، ٢ — المدور الداخلى فى الجماعات البدائية لاتصال العضلة السادة الخارجة أو ما يقابلها ، ٣ — المدور الثالث فى فردية أصابع الحافر لاتصال جزء من عضلات الالية ، ٤ — المدور الرابع لاتصال عضلات الذيل التى تشد الفخذ الى الخلف فى كثير من البرمائيات والزواحف ، ٥ — المدور الصغير لاتصال بعض العضلات الحرقفية فى الثدييات ، ٦ — المدور الكبير فى الثدييات لاتصال عضلات الالية .

المجموعات المتأخرة نحيفا ، وله نتوءات قريبة لاتصال العضلات وانبسط عن نهايته البعيدة ليهيىء أسطحا لتمفصل الزند والكعبرة ومساحات تتصل بها عضلات الساعد .



شكل ١٣٨ : عظام القصبة والشظية اليسرى ، كما ترى من السطح الباسط ( الظهرى ) ، : أ ـ زاحف بدائى (بليكوسوريا من العصر البرمى ) له شظية ذات حجم كبير ، ب ـ الخنزير ، كحالة بدائية للثدييات ، وترى الشظية كاملة ورفيعة ، جـ ـ الحصان كطراز تختزل فيه الشظيـة . ١ ـ عرف القصبة .

والجزء المنبسط من العظم به ثقوب تمر من خلالها الأعصاب الى الجزء السفلى للطرف . وتحتفظ الثدييات بأحد هذه الثقوب على الحافة الخلفية ( أو الداخلية ) لهذا الجزء . وعظم **الكعبرة** رئيسى فى الساعد، أما ساق الزند فخفيف ورفيع ويندغم مع الكعبرة فى كثير من الثدييات ، وتمتد رأس العظم ـ **المرفق** أو « العظم الهزلى » كما يسمى عادة ـ أعلى تجويف التمفصل مع العضد ، وهى هامة لاتصال العضلة الرئيسية التى تعمل على انبساط الساعد .

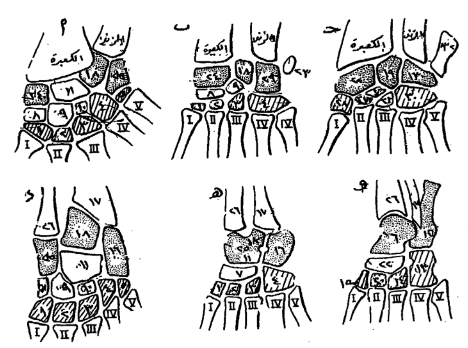
وفى الجماعات البدائية كان عظم الفخذ صلدا ويشبه العصى ولهنتوءات قريبة ، هى **المدورات** ، لاتصال العضلات،وهو ـ بعكس العضد ـ لاينبسط قريبا أو بعيدا . كما كان الفخذ ممتدا فى استقامة تقريبا على جانب الحق، ونتيجة لذلك أصبح سطح التمفصل مع الحزام على رأس العظم مباشرة .

اما فى بعض الزواحف ، وجميع الثدييات فالوضع مختلف ؛ إذ يدور الطرف فى اتجاه أمامى مواز للمحور الرئيسى للجسم ، ويلتف الراس الى الداخل على مدار زاوية قائمة تقريبا على ساق الفخذ .

وفى الساق ؛ يعتبر عظم **القصبة** — مثل الكعبرة فى الساعد — العنصر الرئيسى لتحمل الوزن ، ويكون عظم **الشظية** ، الذى يقع فى الناحيةالخارجية ( مثل الزند ) ، اكثر نحالة ويعمل كمساحة تنشأ عليها العضلات . غير أن هذين العظمين فى الساق لا يشبهان مثيليهما فى الساعد . اذ ينبسط رأس القصبة فى شكل مثلثى يغطى معظم الطرف النهائى للفخذ ، أما الشظية ، فبعكس الزند ، ليس لها بروز قريب ، وتتصل العضلة الباسطة الرئيسية للساق بحيد بارز فى القصبة .

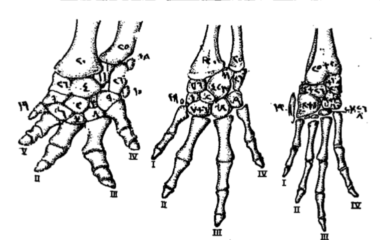
**الأقدام** : ( اشكال ١٣٩ — ١٤٢ ) . يتركب الجزء القريب من اليد من عدد من العناصر الهيكلية الصغيرة التى تكون عظام الرسغ . وفى رباعيات القدم البدائية يتركب الرسغ من اثنتى عشرة قطعة ، ثلاث عظام قريبة تسمى **الكعبرى** ، **والمتوسط والزندى** ، واربع **مركزية** ، وخمس **رسغ** يدويات بعيدة مقابلة للأصابع . وفى الزواحف يوجد عظم صغير اضافى ، **البسلى** ، على الجانب الكعبرى من الرسغ . ولهذه العناصر الهيكلية تاريخ طويل ومعقد فى الطوائف المختلفة يصعب سرده فى حيز محدود ، فكثيرا ما تختزل هذه العناصر او تندغم بعضها فى بعض — وخاصة تختفى القطع المركزية ، غير أن بعض الجماعات قد احتفظت بأكثر من واحدة او اثنتين منها ، كما تختفى القطعة الخامسة من الرسغ يدويات البعيدة ، وتستطيل القطعة الرابعة لتدعم الأصبعين الخارجيتين ، ويسهل تمييز القطع الرسغية فى الحيوان الثديى بالنسبة لترتيبها البدائى ، غير ان عظام الرسغ قد سميت بأسماء خاصة ، احيانا تقع فى مجموعتين من الأسماء المختلفة،وشكل ١٣٩ جـ يبين اسماء هذه القطع فى حيوان ثديى .

وتلى الرسغ الأصابع ، ولكل اصبع قطعة قريبة تقع فى راحة اليد تسمى **مشط اليد** ، وتسمى القطع البعيدة **السلاميات** . والأصابع الخمس فى اليد تعتبر حالة بدائية ، ولا يزيد هذا العدد مطلقا الا فى حالة «المجداف» فى بعض الزواحف السمكية البائدة ، ولكنه يتناقص عادة فى معظم الأحوال. فليس لأى حيوان برمائى حديث اكثر من اربع اصابع فى اليد. اما الديناصورات



شكل ١٣٩ ــ رسم تخطيطى لعظام رسغ اليد ( أ ــ جـ ) ورسغ القدم ( د ــ و ) موضحا التقابل التركيبى فى احدى رباعيات القدم البدائية ، ( أ ــ جـ ) وزاحف بدائى ( ب ، هـ ) وحيوان ثديى ( جـ ، و ) . تظهر قطع الصف القريب منقطة وقطع الصف المركزى ( والبسلى ) بيضاء ، أما قطع الصف البعيد فتظهر مخططة . الأصابع مرقمة بأرقام رومانية ، أما الرسغ يدويات والرسغ قدميات البعيدة فأرقامها من ١ الى ٥ فقط ، ٦ ــ قنزعى ، ٧ ــ ١١ ــ قطع مركزية ، ١٢ ــ العقبى ، ١٣ ــ قطعة اسفينية فى رسغ اليد ومكعبانية فى رسغ القدم ، ١٤ ــ اسفينية خارجية ، ١٥ ــ اسفينية داخلية ، ١٦ ــ الشظوى ، ١٧ الشظية ، ١٨ ــ المتوسط ، ١٩ ــ القمرى ، ٢٠ ــ اسفينية متوسطة ، ٢١ ــ العظم الكبير ، ٢٢ ــ زورقى ، ٢٣ ــ البسلى ، ٢٤ ــ كعبرى ، ٢٥ ــ القيصبى ، ٢٦ ــ القصبة ، ٢٧ ــ عظم شبه منحرف ، ٢٨ ــ عظم منحرف ، ٢٩ ــ الزندى ، ٣٠ ــ شصى .

وأقاربها فقد فقدت الأصابع الخارجية ، وللطيور بقايا الثلاث الأصابع الداخلية فى هيكل الجناح ، أما فى الثدييات البدائية فقد انفصل الابهام عن باقى الأصابع ليساعد فى عملية القبض ، الا انه مختزل فى كثير من الجماعات العداءة . وفى الثدييات ذوات الحافر ، أو الحافريات ، يختفى كثير من الأصابع ، ففى الحافريات مزدوجة الأصابع ــ أو مزدوجة الأظلاف ــ تختزل الأصبعان الثالثة والرابعة « الظلف » أو الحافر المشقوق كما فى البقر أو



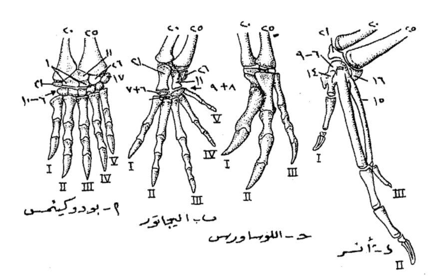
شكل ١٤٠ ــ عظام اليد اليسرى فى البرمائيات ، أ ــ لابرينثودونت مبكر ، ب ــ برمائى ذيلى ، جـ ــ برمائى عديم الذنب .

توجد الأثنى عشر قطعة فى يد اريوبس ، بينما تتحد بعض هذه القطع فى صور مختلفة فى البرمائيات الحديثة . فكما فى معظم البرمائيات توجد أربعة أصابع فقط كما فى ب ، جـ ، بيد أن هناك أثرا لاصبع فى وضع وسطى بالنسبة للابهام . كما يوجد ايضا فى أريوبس ما يمثل أصبعا اضافيا خلف الاصبع الخامس المختزل .

١ ــ ٤ ــ قطع مركزية ، ٥ ــ اسفينية ، ٦ ــ ١٠ ــ رسغ يدويات بعيدة ، ١١ ــ المتوسط ، ١٢ ــ القمرى ، ١٣ ــ العظم الكبير ، ١٤ ــ ١٦ ــ مشط يدويات ، ١٧ ــ البسلى ، ١٨ ــ اصبع خلفى صغير ، ١٩ ــ الطنف ، ٢ ــ الكعبرة ، ٢١ ــ الكعبرى ، ٢٢ ــ زورقى ، ٢٣ ــ عظم شبه منحرف ، ٢٤ ــ عظم منحرف ، ٢٥ ــ الزند ، ٢٦ ــ الزندى ، ٢٧ ــ شصى . الأرقام الرومانية I - V تمثل الأصابع ( عن جريجورى ومينر ونوبل ) .

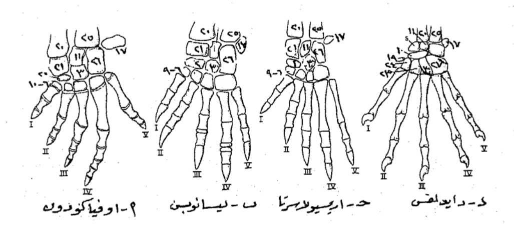
الغزال . كما فقدت الحافريات فردية أصابع الحافر الاصبع الخامسة والابهام مبكرا ، واصبحت القدم ثلاثية الأصابع . وفى الحصان الحديث تبقى الأصبع المتوسطة « الثالثة » فقط . ويتمشى تناقص الأصابع فى الحافريات مع استطالة امشاط اليد ، التى تضيف جزءا ثالثا كبيرا للطرف ، وكذلك مع الزيادة المطردة فى السرعة .

وتعطى **الصيغة الاصبعية** ( المعادلة الاصبعية ) صورة مختصرة واضحة لعدد السلاميات فى كل اصبع مبتدئة من الاصبع الأولى الى الخارج . وعدد سلاميات الأصابع فى رباعيات القدم البدائية غير محدد ، أما فى البرمائيات



شكل ١٤١ — عظم اليد فى : أ — السلحفاة ، ب — اليجاتور ، جـ — ديناصور من آكلى اللحوم ، د — الوزة . شرح الأجزاء كما فى شكل ١٤٠ ، تشتمل يد الطائر على القطع المندغمة للأصابع الثلاثة الأولى فقط ، وهى حالة شبيهة لبعض الديناصورات .

( أ عن ويليستن ، جـ عن جليمور ، د عن ستنر ) .

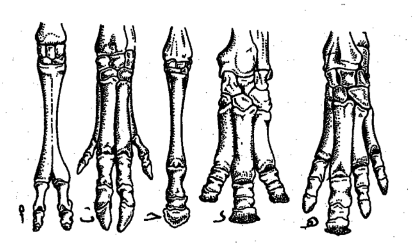


شكل ١٤٢ — تطور اليد فى الثدييات . أ — زاحف بدائى ، ب — زاحف شبيه بالثدييات بدائى ، جـ — زاحف شبيه بالثدييات متقدم ، د — حيوان ثديى بدائى ، أبوسوم . شرح الأجزاء كما فى شكل ١٤٠ . يلاحظ اختفاء الأصبع الخامسة ، واختزال القطع المركزية الى واحدة فقط ، كما اختفت السلاميات الزائدة من الأصبعين الثالث والرابع .

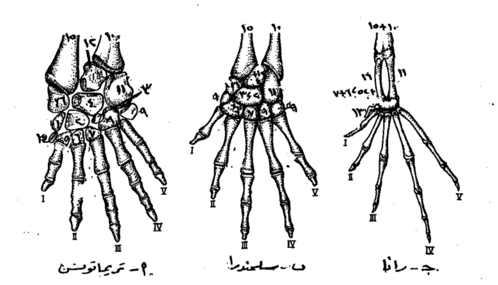
( ب عن بروم ) ، جـ عن واطسن ) .

فنادرا ما يزيد على ثلاث . وقد كانت الصيغة الاصبعية فى الزواحف البدائية ٢ : ٣ : ٤ : ٥ : ٣ ، وهى لا تزال موجودة فى أنواع مختلفة من الزواحف وخاصة العظاءات «السحالى» . وعند الانتقال من الزواحف الى الثدييات كان هناك اتجاه الى « الازدواج » فى الأصابع والى الصيغة الاصبعية ٢ : ٣ : ٣ : ٣ : ٣ . ولا تزال هذه الصيغة موجودة فى الرئيسيات ( مثل الانسان ) ؛ وفى الثدييات التى تناقص فيها عدد الأصابع ، احتفظت الأصابع المتبقية بالعدد النموذجى للسلاميات . ونادرا ما تكون هناك زيادة ثانوية فى عدد السلاميات فى أصبع الرهليات . والاستثناء الوحيد لهذه القاعدة يلاحظ فى « فجوات » الزواحف السمكية البائدة والبليسيوساوريا والحيتان .

وكان تركيب **رسغ القدم** فى رباعيات القدم البدائية مشابها جدا لتركيب رسغ اليد . فقد كانت هناك اثنتا عشرة قطعة هيكلية ، ثلاث قطع



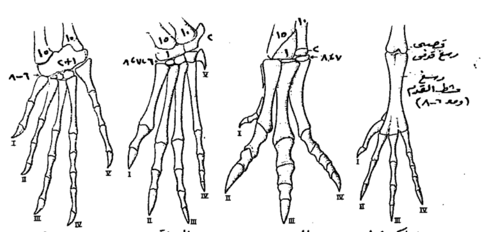

**شكل ١٤٣** : القدم الأمامى الأيسر فى الحافريات :
أ — الجمل ب — الخنزير جـ — الحصان د — رينوسيرس هـ — تابير ه الجمل والخنزير من مزدوجة الأظلاف حيث يقع محور التماثل بين الأصبعين الثالثة والرابعة ، فى الخنزير تكون الأصابع الجانبية ٢ ، ٥ كاملة ولكنها صغيرة . وفى معظم مزدوجة الأظلاف كما فى الجمل يندغم المشطان الرئيسيان ليكونا عظما واحدا ، أما الأمثلة اليافعة فتتبع رتبة أصابع الحافر حيث يمر محور التماثل فى القدم فى الأصبع الثالثة . يختفى الابهام فى تابير ( هـ ) وتبقى الأصابع الأربع الأخرى ، وفى الرينو سيرس الحديثة ( د ) تختفى الأصبع الخامسة ، أما فى الحصان الحديث ( جـ ) فتختزل الأصبعان الثانية والرابعة الى عظام شظوية . ( عن فلور ) .




شكل ١٤٤ : القدم فى البرمائيات :

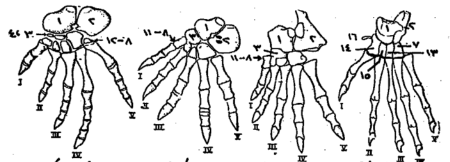
أ - لابرينثوذونت مبكر ب - سلمندر جـ - ضفدعة . تشتمل رسغ القدم فى أ ، على كل القطع التى يعتقد ان كانت موجودة فى أسلاف رباعيات القدم ، كما يوجد أيضا عظم قبل رسغى اضافى . . وفى الذيليات (ب) اندغمت بعض القطع الرسغية معا . وفى الضفدعة ( جـ ) استطالا القصبى والشظيى ليكونا جزءا اضافيا للطرف ، وفيما عدا بعض القطع البعيدة الصغيرة فان مصير العظام الرسغية غير واضح تماما . فى القدم توجد خمسة أصابع واضحة على عكس ما فى اليد ، كما أن عدد السلاميات فى أصابع القدم أكثر مما هو موجود فى يد البرمائيات ( راجع شكل ١٤٠ ) وقد ظهر فى الضفدعة طنف زائد . فى - ٤ القطع المركزية ، ٥ - ٩ رسغيات بعيدة ، ١٠ - الشظية ١١ - الشظوى ١٢ - المتوسط ١٣ طنف ١٤ - قطعة قبل رسغية ١٥ - القصبة ١٦ - القصبى ( أ عن شافر ، ب عن شمالهوسن ، جـ عن جوب )

قريبة هى : **القصبى** ، **والمتوسط** ، **والشظوى** ، واربع قطع **مركزية** وخمس قطع من **الرسغ قدميات البعيدة** . وكما فى حالة اليد تناقص عدد القطع المركزية ، واختفى الرسغ قدمى البعيد الأخير . وقد حدث تغيير واضح فى المنطقة القريبة فى كل الرهليات ، فقد بقى الشظوى ، فى حين اندغم القصبى المختزل مع المتوسط واحدى القطع المركزية لتكون عظما كبيرا يتحرك عليه عظم القصبة بحرية . .ويسمى هذا العظم فى الثدييات **بالقنزعى** ، ويسمى الشظوى - وهو العظم المصاحب له - **بالعقبى** . وهذا التحور فى المنطقة القريبة مرتبط ، كما سبق أن أشرنا ، بدوران القدم الخلفى الى الأمام على الساق ليمكنه من أخذ وضع أمامى . وثمة تغيير آخر فى رسغ القدم هو



**شكل ١٤٥ :** القدم فى الزواحف والطيور : أ ــ سفينودن ب ــ اليجاتور من آكلى اللحوم د ــ الحمامة توجد فى كل الحالات طرز مختلفة الاختزال أو اندغام القطع الرسغية واتجاه نحو تكوين مفصل رئيسى فى الرسغ بين القطع القريبة والبعيدة ، وتندغم كل قطع الرسغ قدما مع العصبة من جهة ومع المشط قدميان المندغمة من جهة أخرى . وفى الاركوسوريا ، مثل اليجاتور والديناصور ، أختفت الأصبع الخامسة تماما ، كما هو مبين فى جـ ، كما اختفت أيضا فى الطيور ( د ) ويشبه قدم الوسورس قدم الطيور الا أن المشط قدميات لم تندغم معا كما فى الطيور .

١ ــ القنزعى ، ٢ ــ العقبى . ( شرح الأجزاء الأخرى كما فى شكل ١٤٤ ) . ( ب عن ويليستن ، جـ عن جليمور ) .



**شكل ١٤٦ :** تطور الطراز الثديى للقدم .

أ ــ زاحف بدائى ( من العصر البرمى المبكر ) ، ب ــ زاحف شبيه بالثدييات بدائى ( من العصر البرمى المتأخر ) ، جـ ــ زاحف شبيه بالثدييات متقدم من العصر الترياسى . د ــ ابوسوم . التغييرات الرئيسية التى حدثت تشمل تكوين سطح بكرى على القنزعى وكعب على العقبى فى الثدييات ( كما فى جـ ، د ) ، وكذلك فقدان قطعتين صغيرتين من الرسغ وتناقص فى عدد السلاميات ( وتمثل ب مرحلة انتقالية ) .

١ ــ القنزعى ، ٢ ــ العقبى ، ٣ ــ ٦ القطع المركزية ٧ ــ المكعبانى ٨ ــ ١٢ رسغ قدميات بعيدة . ٢٣ ــ شصى خارجى ١٤ ــ شصى داخلى ١٥ ــ شصى وسطى ١٦ ــ طنف (وهو استثنائى فى الثدييات ) . (ب، جـ عن شافر) .

ظهور عقب « كعب » بارز على العقبى ، وهو مرتبط بظهور اتصال بعضلة « سمانة الرجل » عن طريق وتر أخيلس .

وبناء الأصابع فى القدم مشابه تماما لأصابع اليد ، فالقطع القريبة تسمى **أمشاط القدم** ، والعدد البدائى لأصابع القدم خمس ، وهو ثابت فى معظم البرمائيات والزواحف ؛ أما فى الديناصورات والطيور فتحتوى القدم على ثلاث أصابع ، هى : الثانى والثالث والرابع ، كلها متجه الى الأمام ، وأطولها الاصبع الوسطى ، فى حين تختزل الاصبع الأولى وتتجه الى الخلف كخطاف او اداة للمسك . اما فى الثدييات فقد تخصصت الابهام للمسك فى وقت مبكر . ويظهر أن تناقص عدد أصابع القدم فى الثدييات السريعة العدو قد توازى مع ما حدث لأصابع اليد ، وذلك مع اختفاء الابهام والوصول الى حالة مزدوجة الأظلاف وفردية الأصابع كما فى الحصان . وقد اتجهت البرمائيات الى تناقص عدد سلاميات أصابع أقدامها ، كما حدث لأيديها ، أما فى الزواحف المبكرة فكانت الصيغة الاصبعية ٢ : ٣ : ٤ : ٥ : ٤ فى كل من اليد والقدم ، وقد احتفظت معظم مجموعات الزواحف فيما بعد بهذه الصيغة ( بالرغم من أن كثيرا من السلاحف قد تناقص هذا العدد فى أقدامها ) . وقد لاحظنا التماثل البنائى للأصابع فى كثير من الديناصورات والطيور . والجدير بالذكر أن هذا التماثل قد بقى دون أدنى تحور فى عدد السلاميات ، فالأصبع الثالثة بها اربع سلاميات عادة ، والأصبع القصيرة الداخلية بها ثلاث ، والخارجية بها خمس سلاميات . وقد ناقصت الثدييات عدد سلاميات اقدامها ، كما فى ايديها ، الى ٢ : ٣ : ٣ : ٣ : ٣ ، وظل هذا العدد ثابتا ، اما فى الزواحف المائية فلا توجد اية زيادة فى عدد السلاميات فى اى اصبع فى اليد او فى القدم .

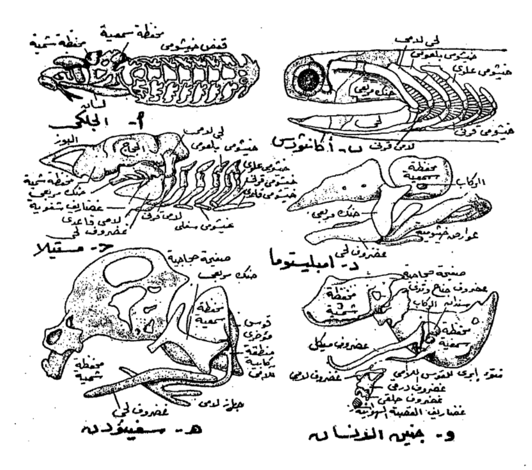
## الهيكل الحشوى

توجد بين فتحات الخياشيم فى الفقاريات التى تتنفس فى الماء عوارض غضروفية أو عظمية تعتبر المكونات الأساسية للهيكل الحشوى . وعلى الرغم من أن هذه العناصر الحشوية تكون جزءا قليلا من الهيكل العام فانها تراكيب متباينة فى قدراتها ، فبدائيا كانت كل هذه العناصر تعمل كدعامات للخياشيم ، ثم تحولت الاقواس الخيشومية الأمامية الى عوارض فكية فى التاريخ المبكر

للفقاريات . ورغم اختفاء الخياشيم فى الرهليات فان بعض العناصر الحشوية لا تزال موجودة حتى فى الثدييات فى أماكن مختلفة كالجمجمة وعظيمات السمع والحنجرة . ولمنطقة الخياشيم عضلاتها واعصابها الخاصة ، كما سوف نلاحظه فى مكان آخر ، كما أنها فريدة فى عناصرها الهيكلية خاصة بالنسبة الى منشئها الجنينى ، فهى تنشأ من الميزنكيم الذى يتحور من اصل أكتودرمى وليس ميزودرميا . فالعرف العصبى – الذى اشرنا اليه فى النمو الجنينى – تنشأ منه عناصر الجهاز العصبى ، وفى منطقة الراس تهاجر بعض خلايا العرف الى اسفل لتكون نسيجا ميزنكيميا تنشأ منه عناصر جهاز الأقواس الخيشومية ، وكذلك جزء من محفظة المخ .

**هيكل الخيشوم :** يتخصص جزء من هيكل الخيشوم فى دائريات الفم ( شكل ١٠٦ ) ليكون دعامات « اللسان » ، أما باقى الهيكل فيكون قفصا شبكيا يحيط بالأكياس الخيشومية ، ومن غير المؤكد ان هذه كانت حالة بدائية أم لا . أما فى كل الأسماك الأكثر تقدما فتتركب دعامات الخيشوم ( فيما عدا حالات الاندغام الثانوى ) من عدد من مجموعة عوارض مفصلة أو اقواس ، متراصة على جدار البلعوم بين الشقوق الخيشومية المتتالية . ورغم أن هذه **الأقواس الخيشومية** مرتبة ترتيبا مسلسلا مثل الفتحات الخيشومية ، فان هذا التسلسل لا علاقة له بالتعقل الموجود فى الأجزاء الأخرى من الجسم ، والمبنى على أساس تعقل القطع الميزودرمية . وتتركب القوس الخيشومية النموذجية فى الأسماك الفكية من عنصر رئيسى ظهرى ، **خيشومى علوى** ، وآخر رئيسى بطنى ، **خيشومى قرنى** ، على كل جانب ( اشكال ١٤٧ جـ ، ١٤٨ ، ١٩٠ ) . وتحتوى القوس ايضا على **خيشومى بلعومى** من اعلى **وخيشومى سفلى** قصير أسفل العنصر الرئيسى البطنى . وتربط الأقواس على الجانبين تراكيب بطنية وسطية هى **خيشومات قاعدية** ، كما ترتبط الأقواس المتتالية بعضها ببعض بواسطة هذه التراكيب ايضا ، وتحمل العوارض الخيشومية صفا من **الأسنان الخيشومية** على حافتها الداخلية ، كما تحمل **اشعة خيشومية** تمتد الى الجذع لتدعم الخياشيم ( شكل ٢٢٧ ) . وتوجد خمس أقواس نموذجية فى معظم الأسماك الفكية .

**تكوين الفك :** يعتبر ظهور الفك واحدا من اهم الخطوات التطورية




شكل ١٤٧ : الهيكل الحشوى ومحفظة المخ فى أمثلة لست طوائف من الفقاريات .

أ ـ ج هياكل فى حيوانات يافعة ، د ـ و هياكل فى أجنة تظهر القطع الغضروفية منقطة والعظام غير منقطة .

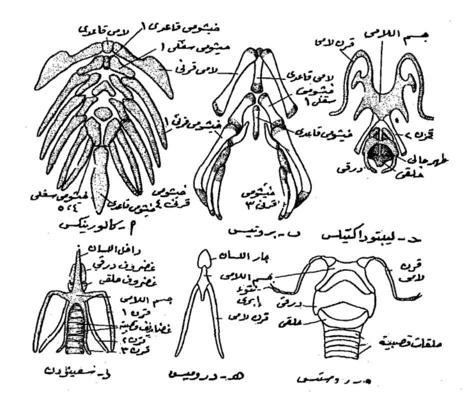
أ ـ الجلكى وله محفظة مخ وغضاريف متصلة بها لا تشابه ما هو موجودا فى المجموعات الأخرى ، ويندغم القفص الخيشومى فى الأمام مع محفظة المخ .

ب ـ « قرش » شوكى من العصر القديم ، قشر جلدى له فكوك ، ولحى لامى غير متخصص ( تظهر فى الرسم صفائح صلبة العين وكذلك عظم أدمى صغير أسفل اللحى ) .

ج ـ قرش ذو فكوك لامية التعلق .

د ـ سلمندر يختزل فيه الحنك مربعى والأقواس الخيشومية فى الجنينى أو اليرقة .

هـ ـ سفينودن ، محفظة المخ هنا غير كاملة التكوين ( قارن بالسنحلية




**شكل ١٤٨** : مناظر جانبية لمشتقات العوارض الخيشومية فى رباعيات القدم : أكايميرا ب سلمندر مائى جـ ــ ضفدعــة د ــ زاحف هـ ــ طــائر الكاسورى ، و ــ خفاش . فى الا يتضمن الرسم عناصر القوس الظهرى ، فى جـ ؛ د ، وتظهر الغضاريف الحنجرية داخل اللسان فى د ، وجار اللسان فى هـ دعامات للسان من الجزء الأمامى لجسم الجهاز اللامى .

---

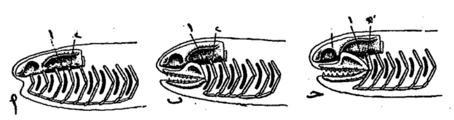
تابع شكل ١٤٧ = فى شكل ١١٧د) . كمايختزل اللامى والعوارض الخيشومية الى جهاز لامى وغضروف ركابى . و ــ جنينى الانسان ، وتتكون محفظة المخ من الناحية البطنية والأمامية فقط حول المخ . كما يختزل الحنك مربعى الى جناح وتدى وسفدان ( = المربعى ) . ويختزل أيضا غضروف ميكل ( الفك السفلى ) ، حيث يصبح الجزء القريب من هذا الغضروف مطرقة الأذن فى الانسان اليافع ، أما بقية العناصر الحشوية فتشمل اللامى والنتوء الابرى ، والركاب والغضاريف الحنجرية وغضاريف القصبة الهوائية . ( أ ، جـ عن جودرش ، ب عن واطسن ، د عن هورستا ديس وسليمان ، هـ عن هوس وسونرتن ، وعن جوب وماكلين ) .

الهامة فى تاريخ الفقاريات ، فقد أحدث تغييرا كاملا فى عاداتها الاغتذائية وطريقة حياتها . وقد لعبت الأقواس الخيشومية دورا رئيسيا فى هذه الظاهرة ، فقد تحول زوج من هذه الأقواس لتكوين الفك فى الاسماك الشبيهة بالقروش ، فمع ظهور تجويف فمى واسع ، كبر زوج من الأقواس الخيشومية القريبة منه وتحور الخيشومى العلوى للقوس الى الغضروف **الحنكى المربعى** وكون الفك العلوى للقرش ، أما الخيشومى القرنى فأصبح الغضروف الضبى أو ( اللحى ) وكون الفك السفلى ( أشكال ١٤٨ ب ، ١٤٩ ). وهناك ادلة كثيرة تؤكد أن الفكوك ليست هى الأولى فى سلسلة الأقواس الخيشومية الأصلية من الأمام ، ولكن مجموعة ، أو ربما مجموعتين ، من هذه السلسلة قد اختفت عند اتساع الفم .

وفى الاسماك العظمية والبرمائيات تلعب العناصر الأدمية دورا كبيرا فى تكوين الفك ، فى حين تقل أهمية غضاريف القوس الخيشومية او العظام التى تحل محلها فى هذا التكوين . غير أن جزءا من الغضاريف البدائية الذى يكون منطقة التمفصل بين الفكين العلوى والسفلى يظل موجودا على الأقل فى المجموعات العليا حتى الزواحف والطيور . اما فى الثدييات فلا يزال اثر هذه العناصر موجودا لكن فى صورة متحورة غريبة .

**تعلق الفك** : من المعتقد ان الفكوك فى أسلاف الأسماك كانت متمفصلة مع محفظة المخ دون اية دعامة اضافية . وتسمى هذه الحالة ذاتية التعلق . وبدائيا كان يتم هذا التمفصل بواسطة مفاصل متحركة ، اما فى بعض الأسماك مثل كايميرا والأسماك الرئوية ، فتندغم غضاريف الفك العلوى تماما مع محفظة المخ ، وتعتبر الجماعات التى توجد بها حالة داتية التعلق استثناء فى الاسماك ؛ اذ تسهم مجموعة العوارض الخيشومية خلف الفكوك ، والتى تكون القوس اللامية ، فى تعلق الفكوك بمحفظة المخ . والقطعة البطنية لهذه القوس ، **وتسمى اللامى** القرنى ، متخصصة قليلا ، اما القطعة الظهرية الرئيسية ، وتسمى **اللحى اللامى** ، فقد أصبحت عارضة مشدودة على المنطقة السمعية لمحفظة المخ من الناحية الظهرية ، ومتصلة بروابط قوية بمفصل الفك ( شكل ١٤٩ جـ ، ١٥٠ ) . وفى قليل من القروش يدعم الفك باللحى اللامى وكذلك بالاتصال المباشر مع محفظة المخ ، وهى حالة تسمى **ثنائية التعلق** . اما فى معظم القروش وفى الأسماك العظمية فيفقد الفك

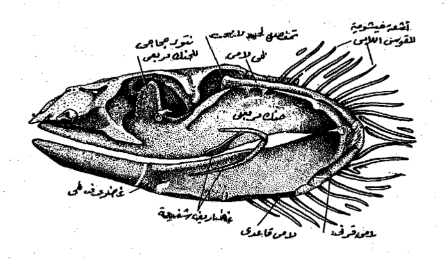
العلوى الاتصال مع محفظة المخ وتدعم الفكوك باللحى اللامى فقط ، وتعرف هذه الطريقة **بلامية التعلق** . وفى فقاريات اليابسة لا تعتمد دعامة الفك على اللحى اللامى ، وانما يكون للفكوك العليا والتراكيب الحنكية اتصالها الخاص بمحفظة المخ وبغطاء الجمجمة العلوى وتعرف هذه الحالة **بالتعلق الذاتى** .



**شكل ١٤٩** : رسم تخطيطى يوضح تطور الفكوك والمنطقة اللامية تظهر فتحات الخياشيم سوداء .

١ — لحى لامى ٢ — شق خيشومى متنفس .

أ — حالة لافكية بدائية ب ، حالة تتكون فيها الفكوك من زوج من الأقواس الخيشومية ( قد يختفى أثناء هذا التكوين الزوجان الاماميان من الأقواس والشقوق ) ، كما لا يختزل هنا الشق الخيشومى المتنفس ولا يتخصص اللحى اللامى . وربما كانت هذه الحالة سائدة فى القشر جلديات البائدة . جـ — حالة عامة فى معظم الأسماك الفكية . لقد أصبح اللحى اللامى دعامة الفك وتحول شق الخيشوم المجاور الى متنفس .




شكل ١٥٠ : الهيكل القرنيومى للقرش ، كلاميدوسلاخ . موضحا محفظة المخ والقوس اللامية . ( عن الس )

**مشتقات القوس الخيشومية فى رباعيات القدم :**

( أشكال ١٤٧ د ــ و ، ١٤٨ جـ ــ و ) . لقد فقدت الخياشيم وظيفتها المعروفة فى كل طوائف رباعيات القدم ، فيما عدا يرقات البرمائيات ، ونتيجة لذلك اختزلت العوارض الخيشومية أو تحورت فى تركيبها . وتاريخ العناصر الهيكلية المصاحبة للفكوك واللحى اللامى ( الذى أصبح عظيمـات الأذن ) مناقش فى مكان آخر فى هذا الكتاب . اما بقايا العوارض الخيشومية التى كانت ظاهرة فى الأسماك فقد أصبحت مرتبطة بتركيبين بارزين فى رباعيات القدم ؛ وهما اللسان والجهاز الرئوى ، وان كانا ضعيفى التكوين فى بعض الأسماك . فعند قاعدة اللسان يوجد **الجهاز اللامى** الذى يمتد الى الخلف والى أعلى حول جانبى **الحنجرة** ، ويتركب جسم الجهـاز من قطعة أو أكثر من قطع القوس البطنية الوسطى الموجودة فى الأسماك . وتمتد من جسم اللامى « قرون » رفيعة الى الخارج والى أعلى ، وهى تمثل البطنيةالرئيسية للقوس اللامية والعوارض الخيشومية التالية التى كانت موجودة فىالأسلاف السمكية لرباعيات القدم ، واحيانا تضاف الى أطراف هذه القرون عنـاصر ظهرية صغيرة . وللبرمائيات ثلاثة أزواج من هذه القرون . أما الثدييات فلها زوجان فقط ، وللطيور زوج واحد .

وفى فقاريات اليابسة ، تدعم الأنبوبة الهوائية أو **القصبة الهوائيـة** ، بغضاريف تعتبر أجزاء متحورة من جهاز الأقواس الخيشومية ، وتتـكون الحنجرة عند مدخل القصبة كجزء واسع منها ( راجع الفصل الحادى عشر ) . ويقع الجزء القاعدى للجهاز اللامى عادة بالقرب من النهاية الإمامية للحنجرة ، وبالاضافة الى ذلك تكون مجموعة من الغضاريف الخاصة هيكلا حنجريا معقدا حولها . وفى معظم البرمائيات تقوى القصبة الهوائية بغضاريف حلقية الشكل لا يمكن مقارنتها باية عناصر خاصة فى الأسماك ، ولكنها تعتبر تراكيب جديدة للجهاز الهيكلى الحشوى .

الفصل الثامن

# الجمجمة

يستخدم المصطلح « جمجمة » بأساليب متباينة نوعا . وبصفة عامة يمكن اطلاقه على اى نوع من تركيب هيكلى موجود فى منطقة الراس . وبهذا المفهوم يمكننا ان نعتبر أن للجلكى أو القرش جمجمة مكونة من علبة مخية وغضاريف أخرى منفصلة . الا ان المصطلح باللفظ الشائع يختلف فى معناه بعض الاختلاف . والجمجمة المعروفة لأى نموذج من سمكة عظمية الى حيوان ثديى هى وحدة تركيبية ملتحمة تتحد فيها العلبة المخية والفكان العلويان بواسطة مجموعة من العظام الادمية ( الجلدية ) ، غير متضمنة الفك السفلى .

وفى مصفحات الجلد ومدرعات الجلد القديمة يبدو أن هناك نوعا من هيكل الرأس الملتحم ليكون جمجمة بهذا المفهوم ، الا أن التركيب فى غالبية هذه الأسماك القديمة مختلف جدا وغير معروف تماما حتى يمكن اخذه فى الاعتبار هنا . وفى الأسماك العظمية وكل رباعيات القدم توجد جمجمة حسنة البناء لها مظاهر شائعة كثيرة بصفة عامة . ومع ذلك فانه من الصعب اعطاء وصف عام مبنى على اى من الانواع الحية ، اذ ان الغالبية قد أصبحت متخصصة أو متداعية لدرجة أصبحت معها قصة نشأتها غير واضحة المعالم .

الا انه فى حالة الهيكل ، وعلى النقيض من الأجهزة العضوية الأخرى ، لدينا الميزة فى انه فى كثير من الأحيان توجد عظام اسلاف حقيقية محفوظة كحفريات ، ولدينا معلومات كاملة تقريبا عن تراكيب الرأس فى اللابرينثودونتا القديمة من برمائيات أواخر العصر القديم والتى تعتبر جماجمها من نوع اشتقت منه جماجم رباعيات القدم المتأخرة كلها . وكذلك فان هذا النوع لا يحيد كثيرا عن ذاك الخاص بالأسماك فصية الزعانف التى تطورت عنها الاشكال البرية والتى يمكن من خلالها ربط النظام الجمجمى لأسلاف رباعيات القدم بنظام الجمجمة فى الاسماك العظمية الأخرى . لذلك سوف نعطى فى هذا المجال تفصيلا كاملا لهذا النظام المركزى الجمجمة ثم نناقش بعدئذ

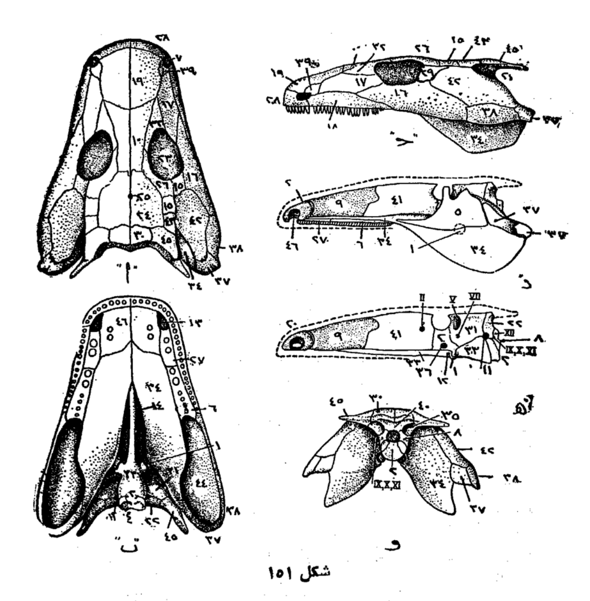
التحورات الكبيرة التى تشاهد فى المجموعات المختلفة للاسماك ورباعيات القدم .

**مكونات الجمجمة** : لنتحاشى (بقدر المستطاع) العسر الذهنى فى وصف هذا التركيب المعقد ، فانه من الأفضل تحليله الى مكوناته ( شكل ١٥١ ، ١٥٢ ) . وتتضمن الجمجمة عظاما ادمية وغضاريف ، أو بديلاتها العظمية ، ذات طبيعة جسمية وحشوية ( راجع ض ١٣١ ) . ومن الطرق المكنة لمعالجة ذلك اعتبار العناصر المشتقة من كل من هذه الأصول الجنينية الثلاثة كوحدات . على أنه من الأفضل أن نعرف أن اية جمجمة بدائية تبدو مكونة من ثلاث وحدات وظيفية ؛ احداها ادمية كلية ، والمكونان الآخريان كما يلى:

ا ـ سقف جمجمة ادمى(جلدى) : وهو درع من عظم غشائى تغطى قمة وجانبى الراس كلية وممتدة الى أسفل حتى حافات الفك حيث تحمل عناصر الدرع الأسنان الحافية . والسقف كامل فيما عدا فتحات ثقوب الانف الخارجية والأعين ( الحجاجين ) وثقبا جداريا صغيرا لعين ثالثة وسطية . والدرع مثلومة على كل من الجانبين خلف الحجاج ، فى رباعيات القدم المبكرة ، لفتحة طبلة الأذن لتحل محل المتنفس الموجود هنا فى الأسماك العظمية .

ب ـ معقد حنكى : ويتضمن هذا تعظمات فى غضروف حنكى مربعى حشوى المنشأ ( وهو الذى يكون كل الفك العلوى فى القرش ) بالاضافة الى مجموعة من العظام الغشائية مكونة تحت هذا الغضروف فى سقف الحلق وتحل محله الى درجة كبيرة . ويكون الجزء الامامى لهذا المعقد صفيحة حنكية عريضة لها من الأمام تجويفات جانبية لفتحات الانف

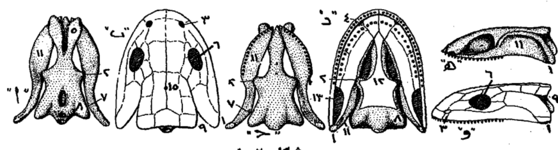
الداخلية أو الخلفية . وينفصل المعقد الحنكى من الخلف ، على كلا الجانبين ، عن حافة الدرع بواسطة حفرة تحت صدغية تمتد خلالها العضلات الصدغية لغلق الفكين .




شكل ١٥١

جمجمة سلف فقارى برى ، مبنية ابتدائيا على لآبرنثودونت العصر الكربونى « باليوجيرينس » ١ ــ منظر ظهرى لسقف الجمجمة الآدمى ٢ ــ حنك ٣ ــ منظر جانبى ٤ ــ منظر جانبى بعد ازالة السقف الآدمى للجمجمة ( الخط المقطع بين الحد الخارجى ) ، العظام الحنكية ــ الادمية والهيكلية الداخلية ــ للجانب الأيسر مبينة وبداخلها العلبة المخية . المساحة المكشوفة هى السطح المتداخل من العظام الحنكية فى العظم الفكى . ٥ ــ منظرجانبى للعلبة المخية . ٦ ــ منظر خلفى ( جزئيا عن واتسون )

الاختصارات : ١ = التمفصل القاعدى للعلبة المخية والحنك ، ٢ = القذالى القاعدى ٣ = الوتدى القاعدى ، ٤ = لقمة ، ٥ = فوق الجناحى ،




شكل ١٥٢

رسوم تخطيطية تبين مكونات الجمجمة . أ ، جـ ، هـ مناظر ظهرية وبطنية وجانبية للتراكيب الهيكلية الداخلية للعلبة المخية والحنك ( أو الفك العلوى ) كما يوجد فى القرش أو فى جنين فقارى فكى راق . ب ، د ، و ، مناظر مماثلة بعد اضافة العناصر الأدمية . فى ب ، و ، تنحنى درع السقف الجلدى لتغطى العلبة المخية وتراكيب الفك الهيكلية الداخلية ، فى د ، تشاهد التراكيب الحنكية الأدمية تسلح الحنك الهيكلى الداخلى كما يوجد عنصر أدمى آخر تحت العلبة المخية . الاختصارات ١ = التمفصل مع الفك السفلى ٢ = التمفصل القاعدى للعلبة المخية مع الحنكى المربعى ، ٣ = فتحة الأنف الخارجية ، ٤ = فتحة الأنف الداخلية ، ٥ = المحفظة الأنفية ، ٦ = الحجاج ، ٧ = التمفصل السمعى مع الحنكى المربعى ، ٨ = المحفظة السمعية ، ٩ = الثلمة السمعية ، ١٠ = الثقب الجدارى ، ١١ = الحنكى المربعى ، ١٢ = نظير الوتدى ، ١٣ = حفرة تحت صدغية لعضلة الفك .

---

تابع شكل ١٥١ : ٦ = فتحة الأنف الخارجية ، ٧ = القذالى الوحشى ، ٨ = المنطقة الصفوية ، ٩ = الجبهى ، ١٠ = كوة بيضية ، ١١ = ثقب للسباتى الأنسى ، ١٢ = فتحة الأنف الداخلية ، ١٣ = تجويف بين جناحى ، ١٤ = بين الصدغى ، ١٥ = الوجنى ، ١٦ = الدمعى ، ١٧ = الفكى ، ١٨ = الأنفى ، ١٩ ، ٢٠ = المحفظة الأنفية ، ٢٠ = الثلمة السمعية ، ٢١ = الأذنى الخلفى ، ٢٢ = الحجاج ، ٢٣ = الجدارى ، ٢٤ = الثقب الجدارى ، ٢٥ = الجبهى الخلفى ، ٢٦ = الحنكى ، ٢٧ = الفكى الأمامى ، ٢٨ = خلف الحجاجى ، ٢٩ = خلف الجدارى ، ٣٠ = الأذنى الأمامى ، ٣١ = الجبهى الأمامى ، ٣٢ = نظير الوتدى ، ٣٣ = الجناحى ، ٣٤ = الكوة خلف الصدغية ، ٣٥ = الوريد النخامى ، ٣٦ = المربعى ، ٣٧ = المربعى الوجنى ، ٣٨ = الحاجز الفكى ، ٣٩ = القذالى العلوى ، ٤٠ = الوتدى المصفوى ، ٤١ = القشرى ، ٤٢ = فوق الصدغى ، ٤٣ = الحفرة تحت الصدغية ، ٤٤ = المسطحى ، ٤٥ = المكعبى ، الأرقام من I — III = ثقوب الأعصاب المخية .

جـ ــ العلبة المخية : وتتكون من غضروف ( أساسا من أصل جسمي داخل الغضروف ) الا أنه عادة متعظم لدرجة كبيرة نوعا . ويتصل بسطحه السفلى فى رباعيات القدم والأسماك العظمية صفيحة من العظم الأدمى فى المساحة المركزية لسقف الحلق المقوس .

## الجمجمة البدائية للبرمائيات :

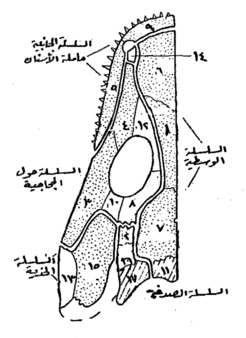
السقف الأدمى ( الجلدى ) : فى رباعيات الأقدام البدائية يحتوى السقف الجلدى للجمجمة على عدد كبير نوعا من العناصر ، معظمها زوجى ، متداخلة بعضها فى بعض لتكون درعا صلبة . وتفتقد رباعيات القدم الحديثة بعض هذه العناصر بأساليب مختلفة ، ومع ذلك فان الكثير منها له أهمية فى كل مجموعة من الفقاريات العظمية . انه لجهد كبير ان تتحمل الذاكرة هذه المجموعة من الأسماء ، وعلى سبيل المساعدة يمكننا دون التقيد بأى قواعد تجميعها فى عدة مجموعات ( شكل ١٥٣ ) :

أ ــ عظام حافية للأسنان هى **الفكى الأمامى** ، وهو صغير ويقع للأمام ، والفكى وهو كبير .

ب ــ عناصر زوجية على الخط الوسطى الظهرى وتتضمن **الأنفيان والجبهيان والجداريان وخلف الجداريان** وجميعها فيما عدا الأخيرين عناصر جمجمية بارزة .

جـ ــ مجموعة حول حجاجية من خمسة عظام هى **الجبهى الأمامى** ، **الجبهى الخلفى** ، **خلف الحجاجى والوجنى والدمعى** ويبقى الأخيران فقط حتى مرحلة الثدييات . ويحمل الدمعى مجرى القناة الدمعية ، ( ويمكننا هنا ان نذكر عظما صغيرا متغيرا موجودا فى التجويف الأنفى ولا يتمشى مع اى مجموعة هو الحاجز الفكى ) .

د ــ مجموعة صدغية تكون صفا اماميا خلفيا فوق الثلمة السمعية وخلف الحجاج . وتميل هذه العظام الصغيرة وهى : **بين الصدغى** ، **فوق الصدغى والسطحى** الى ان تختزل او تفقد فى معظم رباعيات القدم .




**شكل ١٥٣**

رسم تخطيطى لسقف الجمجمة فى رباعى قدم بدائى بالعناصر مجمعة ( بدون قواعد ) فى سلاسل منطقية (الحاجز الفكى الصغير لايلائم اى سلسلة) العناصر المنقطة تبقىٰ كما هى فى الثدييات النموذجية ، العناصر المكشوفة فى الخلف تظهر ملتحمة فى العظام القذالية للثدييات .

١ = الجبهى ، ٢ = بين الصدغى ، ٣ = الـوجنى ، ٤ = الدمعى ٥ = الفـكى ، ٦ = الأنفى ، ٧ = الجـــدارى ، ٨ = الجبهى الخلفى ، ٩ = الفكى الأمامى ، ١٠ = خلف الحجاجى ، ١١ = خلف الجدارى ، ١٢ = الجبهى الأمامى ، ١٣ = المربعى الوجنى ، ١٤ = الحاجز الفكى ، ١٥ = القشرى ، ١٦ = فوق الصدغى ، ١٧ = المسطحى .

هـ ـــ العظام الخدية وهى **القشرى** وهو عنصر كبير ومستـديم والمـربعى **الوجنى** .

وغالبًا ما يظهر فى جماجم البرمائيات البدائيـة ميـازيب على سقف الجمجمة ( وعلى السطح الخارجى للفكين السفليين ) تقع خلالها مجـارى الخطوط الجانبية . وتغوص هذه المجارى داخل العظام فى الأسماك العظمية ولها ثقوب تفتح على السطح .

**المعقد الحنكى** : ( شكل ١٥١ ، ب ، د ) : ويتضمن عظـامًا مكونة فى الغضروف الحنكى المربعى الذى يكون هنا جزءًا من الحنك ( أكثر مما هـو

فك علوى ) . ويوجد اثنان من هذه العناصر فى رباعيات القدم ، ويرتبط **فوق الجناحى** عند قاعدته بالعلبة المخية ( ويتحرك بنفس الطريقة فى الأسماك وكثير من البرمائيات المبكرة وبعض الزواحف ) ويمتد الى أعلى فى اتجاه سقف الجمجمة . وخلف هذا يوجد **المربعى** الذى يكون بصفة دائمة تمفصل الفك السفلى فى جميع الطوائف ما عدا الثدييات .

ويوجد فى هذا المعقد ، مع ذلك ، عظام جلدية أكثر وضوحا وتمييزا مكونة فى سقف الحلق تحل لدرجة كبيرة محل الغضروف وتعظماته . والعنصر الكبير هو **الجناحى** الذى يمتد بمعظم طول الجمجمة ، ويحف هذا من الأمام والجانبين ثلاث عظام صغيرة هى **الميكعى** ، **الحنكى** ، **والجناحى الخارجى** ( ويختزل الأخير أو ينعدم فى كثير من رباعيات القدم الحديثة ) ويكون الجزء الأمامى من المعقد على كل من الجانبين زوج من الصفائح الحنكية الأفقية ، ينفصل بواسطة تجاويف بين جناحيه متفاوتة النسب . وينتهى هذا الحنك قبل نقطة التمفصل مع العلبة المخية ، ويوجد فى الخلف صفيحة عمودية مكونة من الجناحى والمربعى ، تتحرك للخلف وللخارج من التمفصل الفكى والى الوسط من الحفرة تحت الصدغية .

**العلبة المخية** ( شكل ١٥١ ، ب ، هـ ، و ) : فى معظم مجموعات الفقاريات العظمية يوجد متصلا بالسطح السفلى للعلبة المخية عنصر جلدى وسطى هو **نظير الوتدى** ، من الصعب عادة تمييزه عن العلبة المخية الأصلية ( وفى الثدييات والطيور لم يعد يبقى كعنصر منفصل ) . والعلبة المخية نفسها حسنة التعظم بوجه عام الا أن منطقة المحفظة الأنفية لا تتعظم اطلاقا فى الاشكال البرية النموذجية ، وفى البرمائيات الحديثة يكون تعظم العلبة المخية اكثر اختزالا . وفى الاشكال حسنة التعظم ، كثيرا ما تلتحم العناصر العظمية للعلبة المخية فى الأطوار اليافعة فتؤدى الى صعوبة تمييز العظام الفردية .

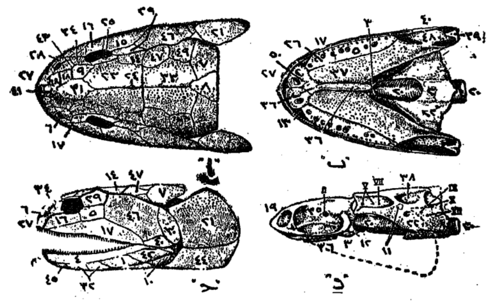
ويتضمن مؤخر الراس حلقة من أربع عظام هى **القذاليان الوحشيان** على جانبى الثقب الكبير **والقذالى العلوى والقذالى القاعدى** فى الوسط الى أعلى واسفل واللقمة ( المفردة بدائيا ) محمولة بواسطة القذاليين الوحشيين والقذالى القاعدى . ويخترق العصب تحت اللسانى (١٢) القذالى الوحشى ما عدا فى البرمائيات الحديثة المتداعية حيث يختفى، ويبرز معقد الحائر (١٠،

١١) ووريد عادة خلال ثقب ودجى امام القذالى الوحشى مباشرة ، كما أن العصب التاسع يخرج من هنا أو عن طريق فتحة منفصلة أمام هذه النقطة. وتوجد منطقة المحفظة السمعية على كلا الجانبين امام العظام القذالية ومحتوية على الأذن الداخلية . ويتعظم هذا الجزء فى الفقاريات البرية البدائيــة فى صورة عنصرين هما : **الأذنى الأمامى والأذن الخلفى** كما توجد فى رباعيــات القدم فتحة خارجية هى الكوة البيضية يبيت فيها الركابان الناقلان للصوت ( الناشئان من الفك اللامى للأسماك ) ، ويدخل العصب الثامن بالطبع الى السطح الداخلى للمحفظة ، وينفذ العصب الســابع الى السطح الخــارجى للعلبة المخية بواسطة مجرى فى الأذنى الأمامى ، كما يبرز العصب الخامس خلال فتحة أو أكثر على الحافة الأمامية لهذا العظم .

وتضيق العلبة المخية فى الاتساع بسرعة امام المنطقــة السمعيــة الى المنطقة الوتدية التى تقع بين الحجاجين . ومن العناصر الأساسيــة هنــا **الوتدى القاعدى** ، وهو تعظم بطنى وسطى مغلف من اسفل بالعظــم نظــير الوتدى . ويحتوى على جيب ( أو حفرة ) للغدة النخامية ( غير ظاهــرة فى الأشكال ) ، ويمتد منه من الجانب نتوء قاعدى للتمفصل مع العقد الحنكى. وتخترق الشرايين السباتية الأنسية العظم من الناحية البطنية لتدخل الى تجويف المخ . والجدر الجانبية متفاوتة التكوين الا أنها تحتوى على الأقل على فتحة رئيسية للعصب البصرى (٢) وتسمح بنفاذ الأعصاب الصغــيرة لعضلة العين ( ٣ ، ٤ ، ٦ ) ؛ ويتكون الطرف الأمامى للعلبة المخية فى رباعيات القدم البدائية عند تعظمه من عنصر كبير وسطى مفرد هو **الوتدى المصفوى** الذى ما زال باقياً فى صورة بدائية نوعا فى اللاذيليات الحية . ويحتوى هذا على الأعصاب الشمية التى تجرى للخلف من المحافظ الأنفية الغضروفية .

**الجمجمة فى الأسماك العظمية** : بعد استعراضنا للفكرة العامة لجمجمة الفقاريات فى مثل ونوع بدائى نوعا يمكننا الآن ان نقدم على دراسة اوجــه اختلاف التركيب الذى تمثلة مبتدئين بمقارنة تركيبها بنظيره فى الأســماك العظمية . ومن المنطقى أن نبدأ بفصية الزعانف ( مندثرة الآن تقريبا فيما عدا نموذجا واحدا متخصصا ) ؛ اذ أنها تتضمن أسلاف الفقاريات البرية . ويمكن فى هذه النماذج ( شكل ١٥٤ ) معرفة معظم العناصر الأساسية بأسماء عظام رباعية القدم . الا أنها تختلف فى بعض الوجوه ؛ فمثلا تتضمن المنطقةالأنفية

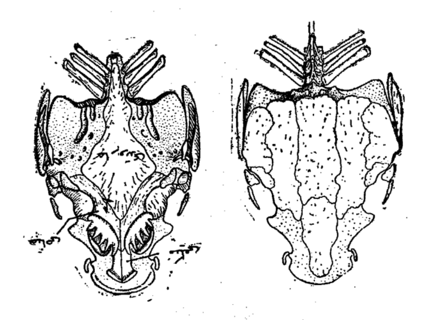
ومنطقة البوز فى الأمام غالبا شكلا فسيفائيا من عظام صغـيرة ( يحتمل أنها حالة بدائية ) وفى الخلف يوجد صف اضافى من عظام « لوحية اضافيـة » ليست جزءا من الجمجمة الأصيلة . الا انه من الملاحظ وجود اختلافات فى النسب ، فلفصية الزعانف منطقة وجهية قصيرة جدا أمام الحجاجين ، اما خلف الحجاجين فهى طويلة حيث يؤدى ذلك الى استطالة العظام الخلفية للسقف كثيرا . ولقد كانت العلبة المخية لفصية الزعانف القديمة كثيرة التعظم لدرجة أن الحزوز غير واضحة والعناصر الفردية لا يمكن تمييزها . وفى كثير من المظاهر فان العلبة المخية ايضا ( شـكل ١٥٤ ، د ) تشبـه مثيلتهـا فى البرمائيات النموذجية المبكرة . الا انه يبدو أن هناك عقبة رئيسية عند مقارنة العلب المخية للانواع ، عقبة ادت فى وقت ما الى الاعتقاد بأن فصيات الزعانف كانت متخصصة جدا لدرجة تمنعها من ان تكون أسلافا لرباعيات القدم . وتتكون العلبة المخية فى قطعتين منفصلتين أمامية وخلفية ، يمكنهما التحرك بطريقة التوائية ، والنصف الخلفى مثقوب بواسطة ممر بطنى كبير لحبـل ظهرى ضخم . ولا توجد هذه المظاهر التركيبية غير العادية فى رباعيـات القدم المعتادة ، وحتى فى البرمائيات البدائية كما هى الحال فى المستخدم هنا كنوع . وقد كان الشعور السائد لمدة طويلة ان فصيات الزعانف متخصصة فى بناء العلبة المخية . الا انه وجدت حديثا علب مخية للبرمائيات القديمـة جدا من العصر الديفونى المتأخر. وقد لوحظ فيها ( لـدواعى دهشتنـا وسرورنا ) مجرى كبير للحبل الظهرى ، وبينما لا يبدو أن هناك حركة بين نصفى العلبة المخية ، فان هناك دليلا واضحا على تعظمها فى وحدتين ؛ وعلى ذلك فهنا ( كما فى حالات اخرى كثيرة ) نجـد أن التراكيب التى يظن أنهـا شاذة او متخصصة تمثل فى الحقيقة حالات أسلاف . وللاسمـاك الرئوية علاقة بفصيات الزعانف ( وبالتالى بأسلاف رباعيات القدم ) الا انها فى تراكيب جمجمتها قد تفرعت الى اتجاه مستقل تماما يحتاج الى وصف مختصر . فقد فقد السقف معظم إمتداده الأصلى ( وخاصة فى الأجناس الحية ) ويمثـل بصفائح متباينة لا يمكن معرفتها مباشرة . ومعظم عظام الحنك ( فيما عـدا الجناحين الكبيرين ) قد فقدت أو بقيت كغضاريف . وللعلبة المخية مظاهر كثيرة يمكن مقارنتها بمثيلتها فى رباعية القدم الا انها تبقى غضروفية كلية فى الأسماك الرئوية الحديثة ، وحتى فى معظم الأجناس الحفرية . وعلى ذلك فان فى الجمجمة ــ كما فى بقية الجسم ــ يكون هيكل السمكة الرئوية متداعيا الى حد كبير .



شكل ١٥٤

جمجمة فصية الزعانف القديمة ( مركبة ) ، للمقارنة بجمجمة فقارى برى بدائى ( راجع شكل ١٥١ ) . أ ــ منظر ظهرى ب ــ منظر حنكى جـ ــ منظر جانبى د ــ منظر جانبى للعلبة المخية . يختلف الغطاء الأدمى للابرنثودونت عن مثيله فى فصية الزعانف مبدئيا فى فقد العناصر الغطائية والصف الخلفى من العظام على السقف ، الاختزال النسبى فى طول الجزء الخلفى للجمجمة واستطالة منطقة الوجه ، اختزال العناصر الصغيرة فى منطقة البوز والأنف . والحنك متشابه فى كليهما . والعلبة المخية فى اللابرنثودنت أقل كمالا فى التعظم المتكون فى قطعة واحدة بدلا من اثنتين فى فصية الزعانف ، وينقصها الحبل الظهرى الكبير الامتداد الموجود فى الأخيرة.

١ = الزاوى ، ٢ = القذالى القاعدى ، ٣ = الوتدى القاعدى ، ٤ = السنى ، ٥ = الجناحى الخارجى ، ٦ = فتحة الأنف الخارجية ، ٧ = لوح ، ٨ = اللوحى الاضافى الجانبى والوسطى ، ٩ = الجبهى ، ١٠ = الحلقى ، ١١ = تمفصل فكى لامى ، ١٢ = ثقب للسباتى الأنسى ، ١٣ = فتحة الأنف الداخلية ، ١٤ = بين الصدغى ، ١٥ = الوجنى ، ١٦ = الدمعى ، ١٧ = الفكى ، ١٨ = الانفى ، ١٩ = المحفظة الأنفية ، ١٩ = الحبل الظهرى ، ٢٠ = الغطائى ، ٢١ = المحفظة السمعية ٢٢ = الجدارى ، ٢٣ = الثقب الجدارى ، ٢٤ = الجبهى الخلفى ، ٢٥ = الحنكى ، ٢٦ = الفكى الأمامى ، ٢٧ = خلف الأنف ، ٢٨ = خلف الحجاجى ، ٢٩ = الغطائى الأمامى ، ٣٠ = خلف البوز ، ٣١ = خلف البقعى ، ٣٢ = خلف الجدارى ، ٣٣ = الجبهى الأمامى ، ٣٤ = الوتدى الأمامى ( الوتدى المصفوى ) ، ٣٥ = نظير الوتدى ، ٣٦ = الجناحى ، ٣٧ = كوة خلف صدغية ، ٣٨ = كوة خلف صدغية ، ٣٩ = المربعى ، ٤٠ = المربعى



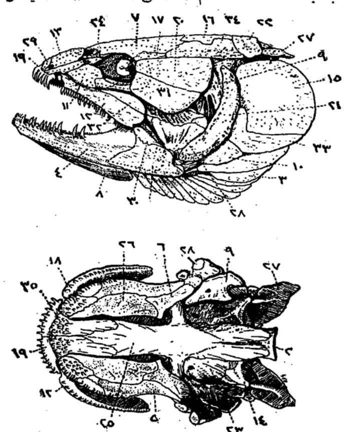
شكل ١٥٥

سقف الجمجمة والحنك فى السمكة الرئوية الاسترالية ابيسراتودس، العلبة المخية ( النقطة ) غضروفية الا انه يوجد تحتها نظير وتدى كبير ويتضمن السقف الأدمى سلسلة صغيرة فقط من الصفائح الكبيرة التى لا يمكن مضاهاتها بمثيلتها فى الاشكال الأخرى . الفكان الغلويان ملتحمان بالعلبة المخية والتعظمات الوحيدة فى الفك العلوى أو الحنك هى الجناحيان الكبيران ، والميكعيان . ويحمل الجناحيان صفائح سنية كبيرة مروحية الشكل ، كما توجد سن قاطعة صغيرة على كل عظم ميكعى .
( عن جودرتش )

---

تابع شكل ١٥٤ ، الوجنى ٤١ = البوزى، ٤٢ = فوق الزاوى، ٤٣ = الحاجز الفكى، ٤٤ = تحت الغطائى ، ٤٥ = البقعى ، ٤٦ = القشرى ، ٤٧ = فوق الصدغى ، ٤٨ = الحفرة تحت الصدغية ، ٤٩ = المسطحى ، ٥٠ = الميكعى ، الأرقام الرومانية ثقوب الأعصاب المخية ( أ ، ب مبنية على الايوسثنوبتيرون ، ج مبنية على الأوستيوليبس ، د مبنية على الأكتيوسيتوراكس ، المدلولات من جارفك ، رومر ، ساف سودربرج ، ستنسيو ) .

وللأسماك شعاعية الزعانف ( فيما عدا الاسترجـونات والأســماك المجدافية ) جمجمة حسنة التعظم ( شكلى ١٥٦ ، ١٥٧ ) يمكن مقارنتها ،

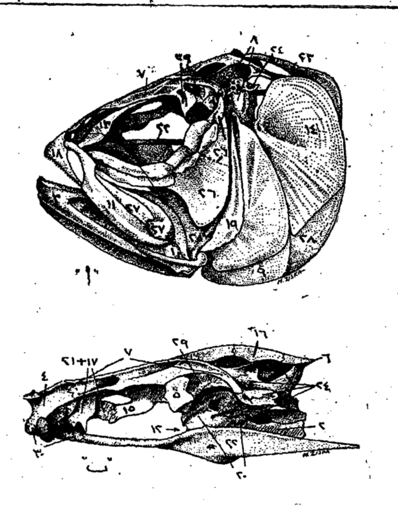



شكل ١٥٦

ا ــ منظر جانبى ، ب ــ منظر حنكى لآميا أقل شعاعية الزعانف الحية تخصصا .

الاختصارات ١ = الزاوى ، ٢ = القذالى القاعدى ، ٣ = اشعة غطاء الخياشيم ٤ = السنى ، ٥ = الأدمى المصفوى ، ٦ = الوتدى الأذنى الأدمى، ٧ = فوق الأذنى ، ٨ = الجبهى ، ٩ = الفكى اللامى ، ١٠ = بين الغطائى، ١١ = الدمعى ، ١٢ = الفكى ، ١٣ = فتحة القبو العضلى ، ١٣ = الأنفى ١٤ = الغطائى ، ١٥ = الحجاجى الوتدى ، ١٦ = الجدارى ، ١٧ = نظر المصفوى ، ١٨ = الفكى الأمامى ، ١٩ = الغطائى الأمامى ، ٢٠ = الأذنى الأمامى ، ٢١ = الجبهى الأمامى ، ٢٢ = نظـير الـوتدى ، ٢٣ = خلف الصدغى ، ٢٤ = الجناحى الأذنى ، ٢٥ = المربعى ، ٢٦ : ١ ــ ٥ = تحت الحجاجى ، ٢٧ : ١ ، ٢ = الفكى العلوى ، ٢٨ = تحت الغطائى ، ٢٩ = الوتدى الأذنى ، ٢٩ = الميكعى .

( عن جريجورى )



شكل ١٥٧

السمكة العظمية كلوبيا ( الرنجة ) . أ ، منظر جانبي لهيكل الرأس وغطاء الخياشيم ، ب ـ منظر جانبي للعلبة المخية . تركيب جماجم الأسماك العظمية متخصص لدرجة عالية الا أنه مشتق من النظام العام المشاهد في « آميا » .

الاختصارات : ١ = المفصلي ، ٢ = القذالي القاعدي ، ٣ = السني ، ٤ = المضفوى الأدمي ، ٥ = الوتدي الأذني الأدمي ، ٦ = فوق الأذني ، ٧ = الجبهي ، ٨ = الفكي اللامي ، ٩ = بين الغطائي ، ١٠ = الدمعي ، ١١ = الفكي ، ١٢ ( السهم ) = فتحة القبو العضلي ، ١٣ = الأنفي ، ١٤ = الغطائي ، ١٥ = الوتدي الحجاجي ، ١٦ = الجداري ، ١٧ = نظير المضفوي ، ١٨ = الفكي الأمامي ، ١٩ = الغطائي الامامي ، ٢٠ = الأذني الأمامي ، ٢١ = الجبهي الأمامي ، ٢٢ = نظير الوتدي ، ٢٣ = خلف الصدغي ، ٢٤ = الجناحي الأذني ، ٢٥ = المربعي ، ٢٦ ا ـ ٥ = تحت الحجاجي ، ٢٧ ، ٢٧ا = الفكي العاوى ، ٢٨ = تحت الغطائي ، ٢٩ = الوتدي الأذني ، ٣٠ = المبكعي .

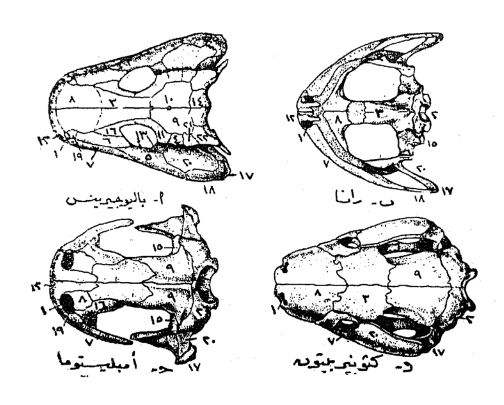
( عن جريجوري )

بالنسبة لمكوناتها الرئيسية وترتيبها ، بتلك الخاصة برباعيات القدم المبكرة وفصية الزعانف ( بالرغم من أن العلبة المخية لا تتجزأ كلية أبدا كما فى المجموعة الأخيرة ) . ومع ذلك فاننا عندما نحاول مقارنة وتسمية العظام الفردية نصادف مشكلة مستعصية . ومن المحتمل أن شعاعية الزعانف قد افترقت فى تاريخ مبكر جدا عن هذا الخط مما أدى الى فصية الزعانف وسليلاتها من رباعية القدم ، وبالتالى فان ترتيب العظم فيها يرتبط قليلا بما يشاهد فى المجموعة الأخرى . ومعظم شبعاعية الزعانف الحية أسماك عظمية تتميز ( ضمن مميزات أخرى ) بالاختزال الكبير للمنطقة الخدية وقصر التجويف الفكى وتفكك واختزال عناصر الفك العلوى .

**تاريخ سقف الجمجمة فى رباعية القدم :** بدلا من أن نناقش تسلسل التغيرات الطارئة على النظام الجمجمى لرباعيات القدم البدائية بوجه عام ، فى مجموعة بعد أخري من الفقاريات العليا فاننا سنتتبع على حدة تاريخ المكونات الرئيسية الثلاثة للجمجمة . وفى سقف الجمجمة يعتبر التاريخ المتأخر من الأشياء المفقودة أو المتداعية تماما ، ولا يوجد على الاطلاق أى تكوين لعنصر جديد ، ويوجد دائما فى كل وقت درجة اكبر او اقل من الاختزال ، وليس هناك اى رباعى قدم حى يحتفظ كلية بنظام اسلافه المبكرة والقليل ما زال يحتفظ بغطاء سقفى صلب .

وتظهر البرمائيات الحديثة ( شكل ١٥٨ ب ــ د ) اختزالا أكثر للسقف من غالبية الطوائف العليا . والسقف مختزل فى الضفادع الى مجرد اطار من العظم يحد حافات السقف الصلب الأصلى من الخارج ، ولا يبقى هناك سوى خمسة أزواج أصلية من سبع عشرة من العظام السقفية هى : الفكيان الأماميان ، الفكيان ، القشريان ، الأنفيان والجبهيان الملتحمان ( اللذان يلتحم معهما الجداريان ) . وللسمندر سقف أعرض الا أن الاختزال فى عدد العناصر يصل أقصاه تقريبا . ويمكن تطبيق نفس الكلام على عديمة الأرجل التى تلتحم فيها العناصر الباقية كيفما كان مكونة عنصرا حفارا متماسكا .

ولقد كان فى الزواحف الأصلية ( شكل ١٥٩ أ ، ١٦٠ أ ) انتقاد قليل للنظام الأصلى للعناصر الصغيرة والجداريان الخلفيان تماما فى معظم مجموعات الزواحف ) . وفى الزواحف المتأخرة ( شكل ١٥٩ ب ، د ، شكل ١٦٠ ب ــ و) توجد تحورات عديدة ومختلفة فى نظام السقف ويحدث فقد فى العناصر الى

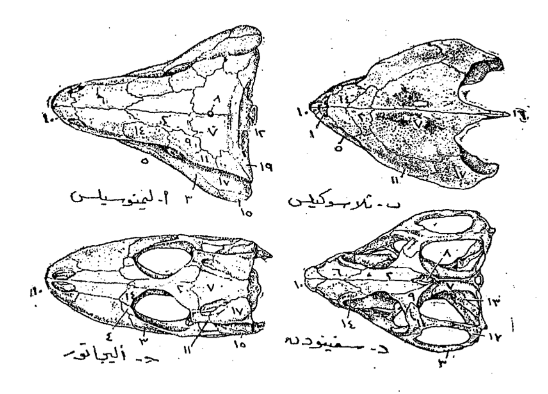



شكل ١٥٨

مناظر ظهرية لجماجم برمائيات أ ــ لابرنثودنت بدائى ، ب ضفدعة ، جـ ــ سمندر ، د ــ عديم الأرجل .

الاختصارات : ١ = فتحة الأنف الخارجية ، ٢ = القذالى الوحشى، ٣ = الجبهى ( ملتحم مع الجدارى فى الضفادع ) ، ٤ = بين الصدغى ، ٥ = الـوجنى ، ٦ = الـدمعى ، ٧ = الفـكى ، ٨ = الإنفى ، ٩ = الجدارى ، ١٠ = الثقب الجـدارى ، ١١ = الجبهى الخلفى ، ١٢ = الفكى الأمامى ، ١٣ = خلف الحجاجى ، ١٤ = خلف الجدارى ، ١٥ = الأذنى الأمامى ، ١٦ = المربعى ، ١٧ = المربعى الوجنى ، ١٨ = الحاجز الفكى . ١٩ = القشرى ، ٢٠ = فوق الصدغى، ٢١ = المسطحى .

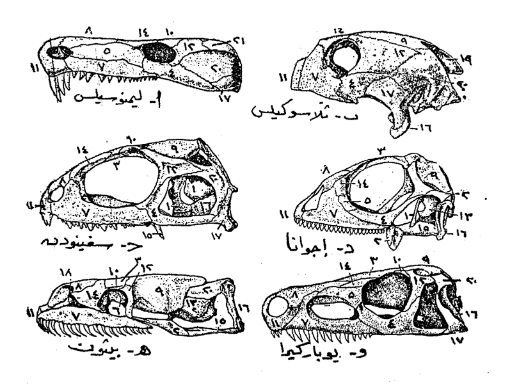
( أ ، عن واتسون ، د ، عن ماركس )




شكل ١٥٩

مناظر ظهرية لجماجم زواحف أ ــ أحد الزواحف الأصلية من العصر القديم ، ب سلحفاة بحرية ، جـ ــ تمساح أمريكى صغير ، د ــ سفينودن .

الاختصارات : ١ = فتحة الأنف الخارجية ، ٢ = الجبهى ، ٣ = الوجنى ، ٤ = الدمعى ، ٥ = الفكى ، ٧ ٧ = الأنفى ، ٧ = الجدارى ، ٨ = الثقب الجدارى ، ٩ = الجبهى الخلفى ، ١٠ = الفكى الأمامى ، ١١ = خلف الحجاجى ، ١٢ = خلف الجدارى ، ١٣ = الأذنى الأمامى ، ١٤ = الجبهى الأمامى ، ١٥ = المربعى الوجنى ، ١٦ = القذالى العلوى ، ١٧ = القشرى ، ١٨ = فوق الصدغى ، ١٩ = المسطحى .

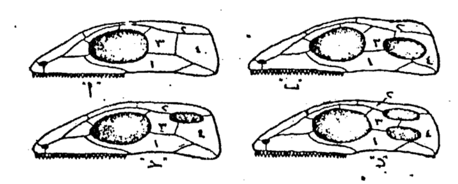



شكل ١٦٠

مناظر جانبية لجماجم زواحف أ ــ أحد الزواحف الأصلية من العصر القديم ب ــ سلحفاة بحرية ، ج سفينودن ، د ــ سحلية ، هـ ــ بيثون ، و ــ أحد الزواحف القياسية البدائيــة من نوع انحُدرت منـــه الطيـــور والديناصورات والتماسيح .

الاختصارات : ١ = فوق الجناحى ، ٢ = الجناحى الخارجى ، ٣ = الجبهى ، ٤ = الوجنى ، ٥ = الدمعى ، ٦ = الوتدى الجانبى ، ٧ = الفكى، ٨ = الأنفى ، ٩ = الجدارى ، ١٠ = الجبهى الخلفى ، ١١ = الفكى الأمامى، ١٢ = خلف الحجاجى ، ١٣ = الأذنى الأمامى ، ١٤ = الجبهى الأمامى ، ١٥ = الجناحى ، ١٦ = المربعى ، ١٧ = المربعى الوجنى ، ١٨ = الحـاجز الفكى . ١٩ = القذالى العلوى ، ٢٠ = القشرى ، ٢١ = فوق الصدغى .

( و ، عن بروم )



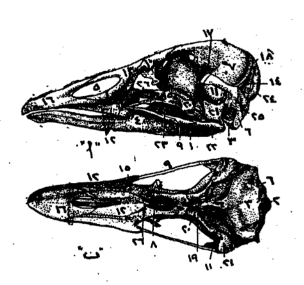

شكل ١٦١

رسوم تخطيطية تبين انواع الفتحات الصدغية فى الزواحف .

ا ــ نوع عديم الحفر ( الزواحف الاصلية والسلاحف ) ، ب ــ نوع سفلى الحفرة ( الزواحف الشبيهة بالثدييات ) ، حـ ــ نوع علوى الحفرة ( الزواحف السابحة المنقرضة وامثالها ) د ــ نوع ثنائى الحفرة ، الرنكوسفاليات ، الزواحف القياسية ، السحالى والثعابين تشتق بفقد احد الأقواس الصدغية او كليهما .

الاختصارات : ١ = الوجنى ، ٢ = الجدارى ، ٣ = خلف الحجاجى ، ٤ = القشرى .

حد ما ، الا ان التحورات الرئيسية ترتبط اساسا بتكوين فتحات فى المنطقة الخدية للجمجمة هى الفتحات الصدغية التى تعطى مفتاحا قيما لتقسيم الزواحف وصلة قرابتها ( شكل ١٦١ ) . وتتكون هذه الفتحات التى تساعد على اراحة العضلات الصدغية فى اثناء انقباضها فى الجانب العلوى للخد او فى موضع منخفض او فى كلا الموضعين . وتسمى فى الحالة الاخيرة ثنائية الحفرة ، نتيجة لبقاء عارضتين عظميتين على الخد بعد تكوين الفتحات . وليس للزواحف الأصلية فتحات صدغية وكذلك الحال فى السلاحف ، رغم احتمال تآكل السقف ليعطى نتيجة تشبه تكوين الفتحات . ولهذه الزواحف المنقرضة مثل الزواحف السابحة والزواحف السمكية فتحة علوية . والغالبية الكبيرة من الزواحف ( الحية والمنقرضة ) ثنائية الحفرة . ويصدق هذا فى السفينودن وفى جملة الزواحف القديمة بما فيها التماسيح كامثلة حية ، والطيور ( شكل ١٦٢ ا ) ثنائية الحفرة فى الأصل بيد ان العوارض الخدية ، خارج العلبة المخية المنتفخة قد اختفت لدرجة كبيرة . وقد انحدرت العظاءات « السحالى » والثعابين كذلك من اسلاف ثنائية الحفرة ، الا ان



شكل ١٦٢

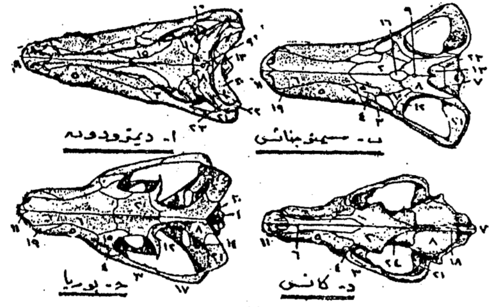
أ ــ منظر جانبى ، ب ــ بطنى لجمجمة بطة ( أناس ) .

الاختصارات : ١ = الزاوى ، ٢ = القذالى القاعدى ، ٣ = الوتدى القاعدى ، ٤ = السنى ، ٥ = فتحة الانف الخارجيـة ، ٦ = القـذالى الوحشى ، ٧ = الجبهى ، ٨ = فتحة الأنف الداخلية ، ٩ = الوجنى ، ١٠ = الدمعى ، ١١ = الوتدى الجانبى ، ١٢ = الفكى ، ١٣ = الانفى ، ١٤ = الجدارى ، ١٥ = الحنكى، ١٦= الفكى الأمامى، ١٧ = خلف الحجاجى، ١٨ = خلف الجدارى ، ١٩ = نظير الوتدى ، ٢٠ = الجناحى ، ٢١ = المربعى ، ٢٢ = المربعى الوجنى ، ٢٣ = القذالى العلوى ، ٢٤ = القشرى ، ٢٥ = الميكعى . ( عن هيلمان )

العارضة السفلى قد تلاشت فى العظاءات « السحالى » واختفت الاثنتان فى الثعابين .

وفى اسلاف الثدييات ( شكل ١٦٣ ، ١٦٤ أ ) تكونت فتحة صدغية واحدة وهى التى كانت فى البداية صغيرة نسبيا وفى اسفل الخـــد ، وفى الأشكال المتأخرة تكبر الفتحة تدريجيا لتضمن المنطقة الخدية كلها تقريبـا ، وحتى العارضة خلف الحجاج تتلاشى فى معظم الثدييات( وربما يعاد بناؤها فيمـا بعد كمايلاحظ فى الرئيسيات ) وفى حيوان ثديى نموذجى تتضمن بقايا سقف الجمجمة الأصلى والخد ( خلف الحجاجين ) فقط :

١ ــ القوس الوجنية الضيقة تحت المساحة المغطاة بالعضلات الصدغية




شكل ١٦٣

مناظر ظهرية لجماجم تبين تطور سقف الجمجمة فى الثدييات .
ا ــ سلف ثديبى بدائى مبكر من عصر تكوين الجبال (شبيه الثدييات) .
ب ــ ثيرابسيد متاخر من عصر تكوين الجبال .
جـ ــ ثيرابسيد متقدم من العصر الترياسى (عصر تكون الصخور الحمراء)
د ــ الكلب .

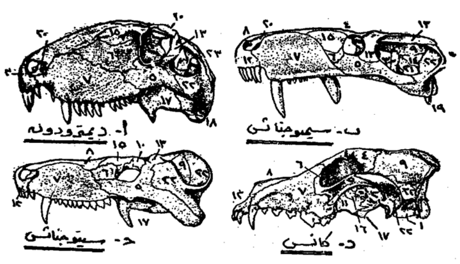
الاختصارات ، ١ = القذالى الوحشى ، ٢ = الجبهى ، ٣ = الوجنى ، ٤ = الدمعى ، ٥ = الفكى ، ٦ = الانفى ، ٧ = المظم القذالى ، ٨ = الجدارى ، ٩ = الثقب الجدارى ، ١٠ = الجبهى الخلفى ، ١١ = الفكى الامامى ، ١٢ = خلف الحجاجى ، ١٣ = خلف الجدارى ، ١٤ = الاذنى الامامى ، ١٥ = الجبهى الامامى ، ١٦ = الجدارى الامامى ، ١٧ = المربعى ، ١٨ = المربعى الوجنى ، ١٩ = العرف السهمى ، ٢٠ = الحاجز الفكى ، ٢١ = القذالى العلوى ، ٢٢ = القشرى ، ٢٣ = فوق الصدغى ، ٢٤ = المسطحى ، ٢٥ = خطوط صدغية .

( ب ، عن واتسون ، جـ ، عن بونسترا )

وفى نموذج مثل الكلب مثلا .

٢ ــ المنطقة المحدودة فى الخط الوسطى لسقف الجمجمة والتى يحتمل ان تكون عرفا سهميا .

ويميل المرء من الوهلة الاولى الى الظن بأن المساحة التى تغطى الجدر الجانبية للعلبة المخية المنبسطة ( المتكونة اساسا من امتداد الجدارى




شكل ١٦٤

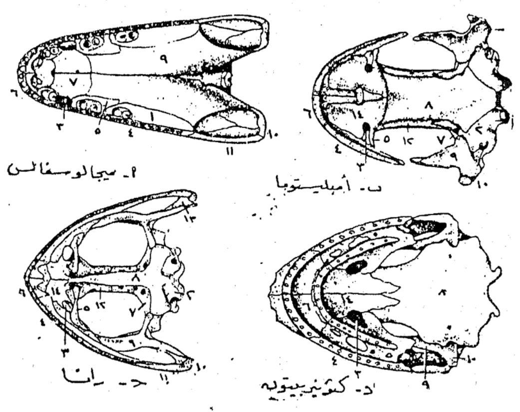
مناظر جانبية تبين تطور جمجمة الثدييات .
ـ سلف ثدييى بدائى مبكر من عصر تكوين الجبال ( شبيه الثدييات ) .
ب ـ ثيرابسيد متأخر من عنصر تكوين الجبال .
جـ ـ ثيرابسيد متقدم من العصر الترياسى (عصر تكوين الصخور الحمراء)
د ـ الكلب .
الاختصارات : ١ = القلة السمعية ، ٢ = الوتدى الجناحى ، ٣ = فوق الجناحى ، ٤ = الجبهى ، ٥ = الوجنى ، ٦ = الدمعى ، ٧ = الفكى ، ٨ = الأنفى ، ٩ = الجدارى ، ١٠ = الجبهى الخلفى ، ١١ = الحنكى ، ١٢ = الفكى الأمامى ، ١٣ = خلف الحجاجى ، ١٤ = خلف الجدارى ، ١٥ = الجبهى الأمامى ، ١٦ = الوتدى الأمامى ، ١٧ = الجناحى ، ١٨ = المربعى ، ١٩ = المربعى الوجنى ، ٢٠ = الحاجز الفكى ، ٢١ = القذالى العلوى ، ٢٢ = القشرى ، ٢٣ = فوق الصدغى .
( ب ، عن واتسون ، جـ ، عن بروبلى وسكرودر )

والجبهى ) هى جزء من السطح الخارجى للجمجمة وان الاقواس الوجنية نتوءات مضافة الى الخارج ( مثل مقابض الابريق ) ، ورغم ذلك ( كما سنناقش فيما بعد ) فان هذه الأسطح الجانبية للعلبة المخية ليست جزءا من الامتداد الأصلى للعظام السقفية ، وانما ثنيات عميقة حديثة التكوين تقع للداخل من عضلات الفك ، وبقى السطح الأصلى للخارج منها .

وبينما كانت الفتحات الصدغية تتكون فى نشوء الثدييات فقد صاحبها اختزال فى عناصر سقف الجمجمة . فيختفى بين الصدغى وفوق الصدغى فى

ونت مبكر ويتبعهما فقد الحاجز الفكى والمربعى الوجنى . ويتحد خلف الجدارى والسطحى بالعظام القذالية ، وتختزل العناصر الخمسة الأصلية التى تحيط بالحجاج الى الوجنى والدمعى الصغير ، فى حين يكبر الفكى كثيرا تمشيا مع تكوين الأنياب الكبيرة . ويلاحظ خلال دورة تتابع النماذج المنقرضة من الحيوانات الشبيهة بالثدييات (مع تكون الفتحات وفقد العناصر وتغير النسب ) التكوين التدريجى للنظام المألوف لجمجمة الثدييات .

**المعقد الحنكى فى رباعيات القدم :** تبقى العناصر الجلدية الأصلية للمعقد الحنكى فى البرمائيات الحديثة ( شكل ١٦٥ ب ــ د ) ، فيما عدا العنصر

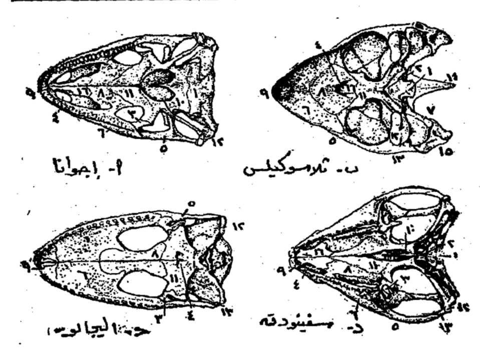



شكل ١٦٥

الحنك فى البرمائيات . ا ــ لابرنثودونت العصر القديم ب ــ سمندر ، ج ــ ضفدعة د ــ برمائى عديم الأرجل .

الاختصارات : ١ = الجناحى الخارجى ، ٢ = القذالى الوحشى . ٣ = فتحة الأنف الداخلية ، ٤ = الفكى ، ٥ = الحنكى ، ٦ = الفكى الامامى، ٧ = الأذنى الامامى ٨ = نظير الوتدى ٩ = الجناحى ، ١٠ = المربعى ، ١١ = المربعى الوجنى ، ١٢ = الوتدى المصفوى ، ١٣ = القشرى ، ١٤ = الميكعى .

( ا ، عن واتسون ، د ، عن ماركس )




شكل ١٦٦

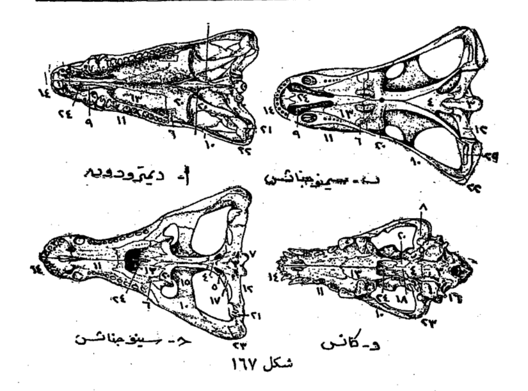
**الحنك فى الزواحف ــ ا ــ سحلية ، ب ــ سلحفاة بحرية ، جـ ــ تمساح أمريكي صغير ، د ــ سفينودن .**

**الاختصارات : ١ = القذالى القاعدى ، ٢ = الوتدى القاعدى ، ٣ = الجناحى الخارجى ، ٤ = فتحة الانف الداخلية ، ٥ ــ = الوجنى ، ٦ = الفكى ، ٧ = الأذنى الخلفى ، ٨ = الحنكى ، ٩ = الفكى الامامى ، ١٠ = نظير الوتدى ، ١١ = الجناحى ، ١٢ = المربعى ، ١٣ = المربعى الوجنى ، ١٤ = القذالى العلوى ، ١٥ = القشرى ، ١٦ = الميكعى .**

الخلفى الجانبى ( الجناحى ) ، الا ان المربعى قد لا يكون كامل التعظم ؛ وفوق الجناحى غائب . وبالإضافة الى ذلك فان المفصل ( المتحرك فى الأصل ) بين العلبة المخية والحنك مفقود ، ويلتحم الاثنان التحاما جامدا . والطرف الأمامى للعلبة المخية ضيق فى الضفادع ، وتوجد تجاويف بين جناحيه كبيرة جدا . وفى الرتبتين الاخيرتين يكون قاع العلبة المخية المغطى بنظير الوتدى عريض جدا ومفلطح ، وعلى ذلك تكون التجاويف على الجانبين اقل تكوينا . وفى الزواحف ( شكل ١٦٦ ) نجد الانواع المبكرة اكثر تقاربا للحالات البدائية، وقد كونت الحرشفيات والسفينودن تجاويف بين جناحيه وأبقت على الحركة الاصلية الحنك على العلبة المخية ، اما فى المجموعات الاخرى فان التركيبين يلتحمان معا فى المنطقة الوتدية ، ويميل الحنك الى ان يصبح صفيحة صلبة

على امتداد اتساعه . وقد مكن اختزال الاقواس الصدغية فى الحرشفيات المظم المربعى من التحرك بحرية على بقية الجمجمة، وفى الثعابين يعطيها ذلك ــ الى جانب مرونة التراكيب الفكية ــ تجويفا هائلا لابتلاع الفريسة الكبيرة باكملها ( شكل ١٦٠ ، د ، هـ ) وفى بعض السلاحف توجد فتحات الانف الداخلية ، التى تقع فى اقصى الامام فى الاشكال البدائية ، فى جيب فى سقف الحلق مع بعض التكوين لرف ثانوى من العظم تحتها . ونشاهد هنا بداية حنك ثانوى . ويتكون هذا بدرجة ارقى فى التماسيح والتماسيح الامريكية التى يتسع فيها الرف الثانوى للعظم لدرجة ان القنوات الهوائية تمتد بعيدا فى اتجاه مؤخر الجمجمة قبل ا تفتح فى الفم ، وهى ظاهرة مفيدة لهذه الحيوانات المائية عند التعامل مع الفريسة تحت الماء .
والتراكيب الحنكية فى الطيور ( شكل ١٦٢ ب ) خفيفة البناء ومرنة ولها تمفصل متحرك مع العلبة المخية ومع المربعى الحر الحركة .

وفى التسلسل المؤدى الى الثدييات ( شكلى ١٦٧ ، ١٦٨ ) كان جوهر الحنك فى النماذج القديمة هو نفسه الشائع فى كل الزواحف المبكرة ، ومع ذلك تحدث تغيرات ملحوظة فى الاطوار المتاخرة ، فتلتحم الصفيحتان الحنكيتان باحكام فى جانبى العلبة المخية مع فقد للحركة ( ويختفى الجناحى الخارجى الصغير ) ، ويستمر تكوين حنك ثانوى فى الامام حيث يعبر الفكان والحنكيان على قاع القبو الاصلى لسقف الحنك ، ورغم أن هذا التكوين الذى يسهل التنفس بالتنسيق مع النشاط الغذائى لا يمتد ابدا بقدر ما هو فى التماسيح ، فقد كان بالتخمين مفيدا لاسلاف الثدييات التى كان التنفس غير المتوقف فيها ضرورة وظيفية . وفى الخلف يوجد فى التسلسل المؤدى للثدييات اختزال للعناصر الحنكية ، فيختفى ذرق الجناحى من التركيب الحنكى ( وسنجده هنا متحدا مع العلبة المخية ) ويقصر الجناحى ليصبح ( كما يتضح من اسمه ) زائدة جناحية الشكل متصلة بقاعدة العلبة المخية ، اما المربعى ( الصغير فى الثرابسيدا ) فقد ترك مكانه فى الجمجمة فى الثدييات ، ليصبح عظيمة سمعية ، ويرتبط هذا التغيير الاخير بتكوين تمفصل جديد وحيد من نوعه فى الثدييات . وكما هو مبين فى القسم الاخير من هذا الفصل ينمو العظم السنى للفك السفلى فى الثرابسيدا المتقدمة الى اعلى وللخلف ليقترب من الفشرى عند نقطة مجاورة لتمفصل الفك السفلى الاصلى مع المربعى . وفى




شكل ١٦٧

سلسلة من الجماجم فى منظر بطنى تبين تطور الحنك فى الثدييات

أ ــ شبيه ثديى بدائى مبكر من عصر تكوين الجبال .

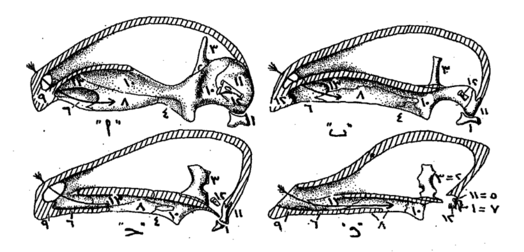
ب ــ ثيرابسيد متأخر من عصر تكوين الجبال .

جـ ــ ثيرابسيد متقدم من العصر الترياسى ( عصر تكوين الصخور الحمراء ) .

د ــ الكلب .

تتضمن التغيرات الرئيسية تكوين حنك ثانوى فى جـ ، د ، وفقد التمفصل القاعدى المتحرك والتحام العلبة المخية مع الحنك فى ب ــ د ، واختزال الجناحى ، وفقد المربعى من تركيب الجمجمة وتكوين منفصل جديد للفك فى د ، واضافة قلة سمعية فى د .

الاختصارات : ١ = القلة السمعية ، ٢ = التمفصل القاعدى للحنك والعلبة المخية ، ٣ = القذالى القاعدى ، ٤ = الوتدى القاعدى ، ٥ = فوق الجناحى ، ٦ = الجناحى الخارجى ، ٧ = القذالى الوحشى ، ٨ = التجويف الأروح ، ٩ = فتحة الأنف الداخلية ١٠ = الوجنى ١١ = الفكى ١٢ = الأذنى الخلفى ، ١٣ = الحنكى ، ١٤ = الفكى الأمامى ، ١٥ = خلف الحجاجى ، ١٦ = النتوء جار القذالى ، ١٧ = الأذنى الأمامى ، ١٨ = الوتدى الأمامى ، ١٩ = نظير الوتدى ، ٢٠ = الجناحى ، ٢١ = المربعى ، ٢٢ = المربعى الوجنى ، ٢٣ = القشرى ، ٢٤ = الميكعى .




شكل ١٦٨

رسوم تخطيطية تبين تطور التراكيب الحنكية والمظيمات السمعية من الزواحف البدائية للثدييات . مقاطع طولية للجماجم بعظام سقف الجمجمة والحنك ممثلة كانها مقطوعة عموديا الى اليمين مباشرة من الخط الوسطى ( الاسطح المكشوفة ) وقد ازيل النصف الأيسر للجمجمة والعلبة العظمية بأكملها لتظهر التراكيب الحنكية للجانب الأيمن فى منظر وسطى وبالاضافة ، فقد رسم العظم الركابى والعنصر المفصلى للفك السفلى لتبين تطور العظيمات السمعية .

ا ـ شبه ثدييات بدائى (ديمترودون ) ب ـ ثيرابسيد بدائى ، حـ ـ احد الزواحف المتقدمة ثدية الشكل ، د ـ حيوان ثديى .

وفى ا ، ب يدخل الهواء الداخل ( السهم ) الى تجويف الفم مباشرة خلال فتحات الأنف الداخلية الواقعة للامام . وفى ج ، د يتكون حنك ثانوى كما يوجد بعض الانهيار فى الحنك الابتدائى . وفى ا يتمفصل الحنك متحركا مع العلبة المخية عند جيب على العظم فوق الجناحى ، وفى ب يصبح الحنك مثبتا الى العلبة المخية ، ويفقد العظم فوق الجناحى وظيفته الأصلية الا انه يبقى كعظم وتدى جناحى فى الثدييات . وفى د يختزل الجناحى كما يختزل المربعى والمفصلى ، اللذين يكونان التمفصل بين الفكين العلوى والسفلى ، فى الحجم ، ويفقدان وظيفتهما الأصلية ولكنهما يبقيان كمظيمات سمعية .

الاختصارات : ١ = المفصلى ، ٢ = الوتدى الجناحى ، ٣ = فوق الجناحى ، ٤ = الجناحى الخارجى ، ٥ = السندان ، ٦ = الفكى ، ٧ = المطرقة ، ٨ = الحنكى ، ٩ = الفكى الامامى ، ١٠ = الجناحى ، ١١ = المربعى ، ١٢ = الركاب ، ١٣ = الميكمى .

الثدييات تتكون نقرة جديدة للفك على السطح السفلى للقشرى ويفقد العظم المربعى وظيفته الاصلية .

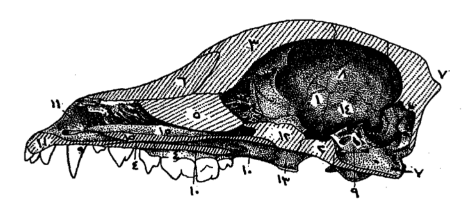
**العلبة المخية فى رباعيات القدم الدنيا :** تميل العلبة المخية فى البرمائيات الحديثة الى أن تصبح عريضة ومفلطحة ، ويزداد ذلك فى الذيليات وعديمة الأرجل عنه فى الضفادع . ومع التداعى الهيكلى المشاهد عامة فى الرتب الثلاث الحية ، فقد عادت بدرجة كبيرة الى الحالة الغضروفية . ويوجد زوج من القذالى الوحشى ، واكثر الأحيان عظم أذنى أمامى ، وفى الأمام وتدى مصفوى ، فى حين اختفت التعظمات الأخرى . وتكون اللقمة القذالية ، المفردة أصلا ، زوجية فى البرمائيات الحية ، وتقصر الجمجمة تقريبا فى الخلف حيث لم يعد يوجد العصب المخى الثانى عشر ( تحت اللسانى ) فى المنطقة القذالية . وتظهر الزواحف ، على النقيض ، فى حالات كثيرة احتفاظا للمظاهر البدائية ، فلا يوجد عادة تفلطح فى العلبة المخية ، والتعظم احسن كثيرا منه فى البرمائيات الحديثة باستثناء شىء واحد ، هو أن كل عنصر عظمى بدائى العلبة المخية ما زال موجودا . وتبقى اللقمة القذالية مفردة فى كل الزواحف النموذجية ، وتستبقى الزواحف ثقبا تحت لسانى . ويوجد اختلاف رئيسى واحد عن البرمائيات البدائية ، وذلك يرجع بالتخمين الى الضيق النسبى للجمجمة ، هو أن الحجاجين مجاورين أحدهما للآخر ومنطقة العلبة المخية التى تربط بينهما لا تتعظم ، ويختزل او يغيب التعظم القديم للوتدى المصفوى ( رغم احلاله جزئيا فى الثعابين والتماسيح بعنصر جديد هو الوتدى الجانبى ) . وتحاط العلبة المخية المنتفخة تماما فى الطيور ( شكل ١٦٢ ص ١٨٦ ) بالعظم وذلك بسبب عملية تكوين جديدة لصفائح عظمية تقارن بتلك التى سيأتى وصفها فيما بعد للثدييات .

**العلبة المخية الثدييات :** كانت عناصر العلبة المخية — فى الزواحف ثديية الشكل — هى تلك المشاهدة فى البرمائيات المبكرة والزواحف البدائية ، وعندما تصل الى حالة الثدييات تكون قد حدثت تغيرات ملحوظة ( شكل ١٦٩ ، ١٧٢ ) . فقد اصبحت اللقمة ( كما فى البرمائيات الحديثة ) زوجية اكثر منها مفردة ، كما التحمت العظام القذالية فى الطور اليافع الى عنصر قذالى واحد (أضيفت اليه تعظمات جلدية من مؤخر الجمجمة) . وتتكون المحفظة الاذنية ، التى كانت تتكون بدائيا من عظمتين ، فى الطور اليافع من تركيب ملتحم محكم هو حول الأذنى ، وهو يقع على جانب جدار العلبة المخية من اسفل . وقد يبرز من الخلف ليكون نتوءا حلميا قد يكون ملاصقا له نتوء جار قذالى بارز للعظم القذالى . ويقع تجويف الأذن المتوسطة —

يحتوى على عظيمات سمعية رقيقة ـ للخارج مباشرة من حول الأذنى ؛ بحيث تكون طبلة الأذن عند سطحه الخارجى . ومع نتيجة حماية هذه التراكيب الرقيقة يتكون فى الثدييات المشيمية قلة سمعية متعظمة . وتحتوى هذه القلة دائما على عنصر جلدى هو العظم الطبلى الذى يكون حلقة حول طبلة الأذن وقد يستكمل تكوين القلة ، ورغم ذلك ففى ثدييات كثيرة يقوم عنصر ثان صغير هو الطبلى الداخلى ، سبق تكوينه من غضروف ، بتكوين الجزء الأعمق للقلة . وتشير القصة الجنينية الى ان العظم الطبلى عنصر سابق للفك السفلى فى الزواحف فقد وظيفته الاصلية وسلب بواسطة الجمجمة ، وان الطبلى الداخلى تركيب جديد . ويلتحم حول الاذنى والقلة معا ـ فى الطور اليافع لكثير من الثدييات ـ ومع القشرى المجاور ، لتكوين عنصر مركب يسمى العظم الصدغى .

ويبقى الوتدى القاعدى فى المنطقة النخامية لقاع العلبة المخية ، وفى احيان كثيرة يلتحم مع العظام المجاورة ( الوتدى الجناحى والوتدى الامامى والوتدى الحجاجى ) ليكون عنصراً مركبا صغير الحجم ، الا انه تركيب معقد يسمى الوتدى . وفى اقصى الامام يتصل قاع العلبة المخية بجزء صغير متخلف من الوتدى الصفوى هو الوتدى الامامى الذى يسمى جناحاه الجانبيان بالوتدى الحجاجى . وقد يمتد الوتدى الأمامى حتى الطرف الأمامى لتجويف المخ ، فى حين تتكون هذه المنطقة فى عدد من رتب الثدييات من عنصر جديد للعلبة المخية هو العظم الصفوى المتوسط . وتدخل الالياف العصبية السمعية الى تجويف المخ من المنطقة الانفية خلال الصفيحة الغربالية الشكل، التى يكون فيها احد العظمين المذكورين مؤخرا الطرف الأمامى للعلبة المخية. وقد نلاحظ فى المنطقة الانفية ادراجا غضروفية او عظمية هى العظام الدوامية او المفتولة متكونة من المحفظة الانفية ومتصلة بالعناصر المحيطة بالغرفة الانفية .

وتتضمن العظام المذكورة حتى الآن بيانا كاملا للعناصر المتكونة فىالعلبة المخية الأصيلة . اما اذا فحصنا العلبة المخية الحقيقية لحيوان ثديى نموذجى ( شكل ١٦٩ ) سنشاهد انها لا تكون الا القليل من القاع والجدار الخلفى



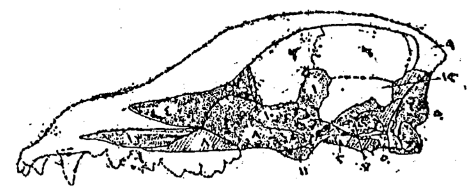

شكل ١٦٩

مقطع سهمى وسطى فى جمجمة الكلب حيث تشير الخطوط المائلة الى العظام المقطوعة ، وسنشاهد ان غالبية العظم المحيط بتجويف المخ مشتق من عناصر ادمية ( هـ ، ر ، ق ) وحتى جزء من العظم القذالى من أصل جنينى ادمى . ( راجع شكل ١٧١ ) .

الاختصارات : ١ = الوتدى الجناحى ؛ ٢ = الوتدى القاعدى ، ٣ = الجبهى ، ٤ = الفكى ، ٥ = المصفوى المتوسط ، ٦ = الأنفى ، ٧ = القذالى ، ٨ = الجدارى ، ٩ = حول الأذنى ، ١٠ = الحنكى ، ١١ = الفكى الأمامى ، ١٢ = الوتدى الأمامى ، ١٣ = الجناحى ، ١٤ = القشرى ، ١٥ = الميكعى .

لتجويف المخ ( شكل ١٧٠ ) ، وقد اتسع المخ فى الثدييات الى نسب لاتستطيع معها العلبة المخية أن تستمر فى نموها ، ومعظم جدران العظام المحيطة بالمخ فى الحيوان الثديى اليافع قد نشأت من مصادر أخرى .

وفى الزواحف الشبيهة بالثدييات البدائية ( شكل ١٧١ ، أ ) تكون العظام الجدارية والجبهية الواقعة فوق المخ مختزلة جدا فى الحجم بسبب كبر الفتحات الصدغية ، الا أنها تتكون من جديد فى الثيرابسيد والثدييات بارسال ثنيات عميقة الى أسفل تحت العضلات الصدغية لتغطى معظم الأسطح العليا والجانبية للمخ المتسع ( شكل ١٧١ ، ب ، جـ ) ، وكما هو واضح من الشكل فان هذه الأسطح الجديدة ليست جزءا من السقف الأصلى للجمجمة ، ولكنها تكوينات جديدة فى مستوى أعمق . الا انه حتى مع هذا التكوين سيتبقى هناك فراغ فى جدر الجمجمة الجانبية اذا لم يستفاد من وجود احتمال آخر . ويكون فوق الجناحى للزواحف القديمة ( وهو جزء



شكل ١٧٠

تشريح تخطيطى لجمجمة الكلب فى منظر جانبى ، مع ازالة جميع العظام الادمية لسقف الجمجمة ( متضمنة المكونات الادمية للقذالى ) ، حيث يتبقى سلسلة من العظام يمكن مقارنتها بعظام السلسلة الحنكية والعلبة المخية المبينة فى شكل ١٥١ ، د . وتتضمن العناصر الحنكية الادمية الميكمى، والحنكى والجناحى ، اما الوتدى الجناحى ( فوق الجناحى ) فهو عظم غضروفى من عناصر الحنك . وتتضمن عناصر العلبة المخية الاصلية الصفوى المتوسط ، الوتدى الامامى ( والوتدى الحجاجى )، والوتدى القاعدى ، وحول الاذنى ومعظم العظم القذالى وبين الحد الخارجى الحافة العليا لتجويف المخ ، كما يظهر اشتراك عظام السقف الادمى .

الاختصارات : ١ = الوتدى الجناحى ، ٢ = الوتدى القاعدى ، ٣ = الجبهى ، ٤ = الصفوى المتوسط ، ٥ = القذالى ، ٦ = الجدارى ، ٧ = حول الاذنى ، ٨ = الحنكى ، ٩ = خلف الجدارى ، ١٠ = الوتدى الامامى ، ١١ = الجناحى ، ١٢ = القشرى ، ١٣ = الميكمى .

من الغضروف الحنكى المربعى اصلا ) المفصل بين الحنك والعلبة المخية . وفى تسلسل ثديية الشكل ، حيث كان الحنك والعلبة المخية ملتحمان ، كانت وظيفته الاصلية مفقودة . الا انه بقى مع هذا كتركيب صفيحى الشكل ، والتصق فى الثدييات بالعلبة المخية ليسد الفراغ المتبقى فى جدرانها الجانبية فى صورة العظم الوتدى الجناحى .

وخلاصة القول ان المحفظة المخية المتسعة للثدييات شىء مركب ؛ وان العلبة المخية الاصلية قادرة على ان تعمل اكثر قليلا من ان تكون قاعها ، وان العناصر الجلدية للسقف والوتدى الجناحى ــ المستعار من الحنك ــ تتجمع لتكون جدر وسقف هذا التركيب المتسع .




شكل ١٧١

مقاطع عرضية تخطيطية للجمجمة والفكين فى : ا ـ احد الزواحف الشبيهة للثدييات البدائيـة ، ب ـ نموذج ثديى الشكل متقدم ، جـ ـ حيوان ثديى ، لتبين مظاهـر تكوين سقف الجمجمة والعلبة المخية .

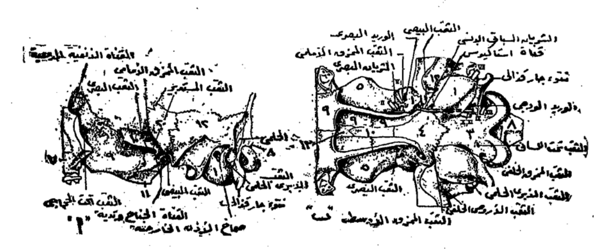
١ ـ جزء من الجدر الجانبية المحيطة بالمخ المتسع كان غشائيا فى الأصل . ثم اصبحت هذه المساحة الجانبية مغلقة بامتدادات بطنية للعظام السقفية وباجماد العظم فوق الجناحى للتركيب الحنكى كالعظم الوتدى الجناحى .

٢ ـ وفى الثدييات يعطى امتداد العظام السقفيـة الى أسفل حول المخ مظهرا وكأنه سطح الجمجمة الأصلى ، بينما يقع السطح الأصلى للخارج من العضلات الصدغية كما هو مبين بالخطوط المنقطة .

٣ ـ عناصر الفـك العلوى ( ١ = فوق الجنـاحى ، ٢ = الجناحى ) متمفصلة بالتحرك اصلا مع العلبة المخيـة ( ٣ = الوتدي القاعدي ) ، ويلتحم التركيبان في ب ، جـ .

ثقوب العلبة المخية فى الثدييات : ( شكل ١٧٢ ) : لقد ذكرنا آنفا الفتحات المختلفة للأعصاب والأوعية الموجودة فى العلبة المخية لرباعيات القدم الدنيا . ويمكن استعراض الموقف بالنسبة للثدييات ، فبالرغم من أن كثيرا من الفتحات كما هى ، الا أن الأسماء ( لسوء الحظ ) تتغير ، وبالاضافة فان اندماج الوتدى الجناحى والقلة السمعية يحور طبيعة جدر العلبة المخية .

والبعض من الثقوب والقنوات على سطح الجمجمة لا تدخل العلبة المخية . وفى هذه المجموعة يمكن أن نذكر : الثقوب القاطعة أمام الحنك فى بعض الثدييات وهى التى تربط الفم بالعضو الميكعى الأنفى ( راجع الفصل ١٥ ) ، والثقب تحت الحجاجى ( الذى يتسع أحيانا الى قناة ) الذى يحمل أعصابا وأوعية للامام من الحجاج الى البوز ، والقناة الدمعية الأنفية التى تحتوى على قناة الدمع ، والقناة الوتدية الجناحية ، التى تخترق العظم الذى يحمل نفس الاسم فى بعض النماذج ، وتحمل فرعا من الشريان السباتى الأنسى للأمام حتى الحنك ، وصماخ الأذن الخارجية الذى يؤدى من طبلة




شكل ١٧٢

محفظة العلبة المخية لكلب فى أ ـ منظر جانبى ، ب ـ منظر بطنى لتبين الثقوب . ويظهر فى ب الأعصاب الرئيسية ، مسار الشريان السباتى الأنسى وفرعه الحنكى والوريد الودجى .

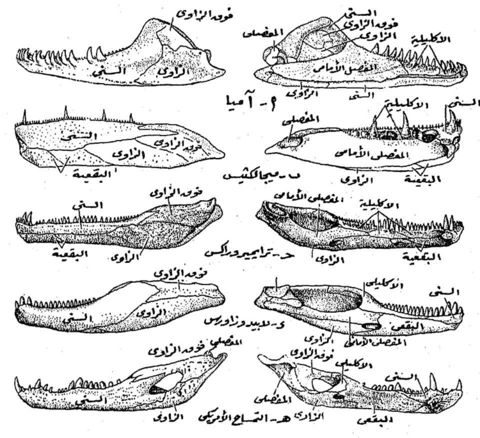
الاختصارات : ١ = القلة السمعية ، ٢ = الوتدى الجانبى ، ٣ = القذالى القاعدى ، ٤ = الوتدى القاعدى ، ٥ = الجبهى ، ٦ = الوجنى ، ٧ = الفكى ، ٨ = العظم القذالى ، ٩ = الحنكى ، ١٠ = الوتدى الأمامى ، ١١ = الجناحى ، ١٢ = القشرى ، ١٣ = الميكعى .

الأذن الى الخارج ، والفتحة الموجودة فى القلة لقناة استاكيوس ، والقناة السباتية التى يجرى خلالها السباتى الانسى للأمام تحت القلة .

ومن الفتحات بين السطح واللعبة المخية يمكن ذكر : الثقب البصرى فى الوتدى الحجاجى للعصب (٢) ، والثقب الممزق الامامى امام الوتدى الجناحى الذى ينقل نموذجيا الأعصاب ٣ ، ٤ ، ٦ وجزء من ٥ ، والثقب المستدير ، والثقب البيضى الذى يخترق عادة العظم الوتدى الجناحى ويحمل فروعا اخرى للعصب ٥ ، وثقب ممزق متوسط خلف الوتدى الجناحى يدخل خلاله الشريان السباتى الأنسى الى تجويف المخ ، والثقب الابرى الحلمى خلف قلة الأذن الذى يصل بواسطته العصب ٧ الى السطح بعد مرور ملتو خلال العظم حول الأذنى والقلة ، والثقب الودجى أو الممزق الخلفى بين المحفظة السمعية والعظم القذالى الذى تمر خلاله الأعصاب ٩ — ١١ والوريد الودجى الأنسى ، والثقب تحت اللسانى ( المتضاعف احيانا ) فى مؤخر الجمجمة للعصب ١٢ . وبالاضافة الى ذلك توجد فتحات من تجويف المخ لا تصل الى السطح ، وهى تتضمن ألفتحات المتضاعفة التى تخترق الصفيحة الغربالية للعصب ١ ، وصماخ الأذن الداخلية الذى يترك خلاله العصب ٨ العلبة المخية ويدخل محفظة الأذن والذى يبدأ خلاله العصب ٧ مساره للخارج .

الفك السفلى ( شكل ١٧٣ ، ١٧٤ ) : لكي نختتم هذا الفصل يمكننا ان ننتقل ( بارتياح ) الى القصة البسيطة نسبيا لتطور الفك السفلى . وكما ذكرنا ربما يكون هذا قد بدأ تاريخه كجزء من قوس خيشومية تكون الغضروف الفكى فى الأسماك الشبيهة بالقرش ، على انه فى كل الفقاريات ذات الهيكل العظمى يعاد تدعيمه ويحل محله فى الوظيفة الى درجة كبيرة مجموعة من العناصر الجلدية . ويتكون الغضروف بالكامل فى الجنين ، الا انه يعطى عادة فى الحيوان اليافع فقط عنصرا عظميا واحدا هو المفصلى الذى يقع فى مؤخر الفك ويحمل كما يتضح من الاسم سطحا مفصليا للعظم المربعى للجمجمة .

ومن اهم واكبر العظام التى تغلف السطح الخارجى ، العظم السنى الذى يحمل صفا من الاسنان الحافية والذى يكون جزءا من ( او كل ) الإرتفاق الذى يربط الفكين . وفى كثير من الاسماك البدائية ورباعيات القدم




شكل ١٧٣

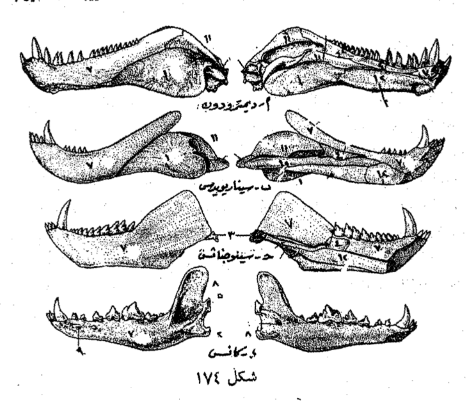
الفكوك السفلية اليسرى ؛ المناظر الخارجية الى اليسار والداخلية الى اليمين . فى ا — سمكة شعاعية الزعانف ؛ الزعنفة القوسية ، ب — فصية الزعانف بدائية ، جـ لابرنثودونت بدائى ، د — أحد الزواحف البدائية ، هـ — تمساح أمريكى .

وقد اشتقت فكوك الأسماك العظمية الحديثة ، البرمائيات والزواحف ، التى اختزل فيها عدد العناصر من الأنواع المبينة فى ا ، جـ ، د على التوالى .

المبكرة يوجد تحت وخلف السنى مجموعة كاملة من العظام الجلدية على السطح الخارجى للفك : صران بقعيان ، زاوى وفوق الزاوى . وعلى السطح العلوى للفك وأمام المفصلى القصير توجد حفرة تندغم فيها العضلات الرئيسية التى تغلق الفك وتدخل فيها الأوعية الدموية والأعصاب التى تمد الفك . وتحت هذه الحفرة ، وعلى السطح الداخلى ، يجرى أصلا للأمام عظم **مفصلى** أمامى طويل ، وتحت السنى يوجد أصلا على الجانب الداخلى للفك مجموعة من ثلاثة عظام اكليلية رقيقة تحمل أسنانا فى كثير من الأحيان

ويغلف الجزء السفلي من السطح الداخلى للفك فى كثير من الاحيان بامتدادات من عظام السطح الخارجى .

وتوجد اختلافات عديدة من هذا التركيب البدائى ، وهى كثيرة العدد بحيث لا يمكن حصرها فى مجال قصير ، وتتضمن جميعها اختزال فى عـدد العناصر الموجودة . ويبقى السنى كما هو بدون اختلاف تقريبا ، كما يوجد




شكل ١٧٤

الفكوك السفلية اليسرى للزواحف شبيهة الثدييات والثدييـات ، توضح اختزال العناصر الفكية . مناظر خارجية ( الى اليسار ) ، منـاظر داخلية ( الى اليمين ) .

أ ــ احد الزواحف ثديية الشكل البدائية .

ب ــ ثيرابسيد بدائى .

ج ــ ثيرابسيد متقدم .

د ــ ثديى نموذجى ( كلب ) .

الاختصارات : ١ = الزاوى ، ٢ = النتوء الزاوى ، ٣ = المفصلى ، ٤ = الاكليلى ، ٥ = اللقمـة ، ٦ = النتـوء الاكليلى ، ٧ = السنـى ، ٨ = الثقب السنى السفلى ، ٩ = الثقب الذقنى ، ١٠ = المفصلى الأمامى ، ١١ = فوق الزاوى ، ١٢ = البقعى .

المفصلى بسبب وظيفته فى كل المجموعات ما عدا الثدييات ( رغم أنه لا يتعظم فى بعض الأسماك والبرمائيات المتداعية الهيكل ) . ومن جهة أخرى قلما يوجد أكثر من بقعى واحد . وتختزل العظام الاكليلية عادة فى العدد وقد تفقد ، اما الزاوى وفوق الزاوى والمفصلى الأمامى فهى أكثر ثباتا الا انه حتى هذه ربما تكون غائبة أو ملتحمة مع العناصر المجاورة . ويبين شكل ١٧٣ بعض الاختلافات فى تركيب الفك فى الأسماك ورباعيات القدم الدنيا .

وفى تطور الثدييات ( شكل ١٧٤ ) نجد ان هناك فى الثيرابسيدا البحفرية زيادة منتظمة فى حجم العظم السنى ونقص مقابل فى حجم وقوة العناصر الأخرى . وفى الثيرابسيدا المتقدمة يتكون للعظم السنى الكبير نتوء اكليلى صاعد تتصل به معظم عضلات الفك وتمتد للخلف حتى نقطة مجاورة للنقطة التى يلامس فيها المفصلى الجمجمة . أما بقية عناصر الفك فهى تراكيب صغيرة وضعيفة ملتصقة على السطح الداخلى للعظم السنى . ومع الانتقال الى حالة الثدييات تختفى هذه العناصر من الفك الذى أصبح مكونا من العظم السنى فقط . ومع ذلك فان العناصر القديمة لا تنتهك كلية . وكما سيشاهد فيما بعد فان العظم المفصلى يتخذ ببساطة مهمة جديدة كعظمية اذنية دقيقة ( راجع فصل ١٥ ) ، ويبدو من المحتمل ان العظم الزاوى قد اندمج مع الجمجمة كالعظم الطبلى للقلة السمعية .

الفصل التاسع

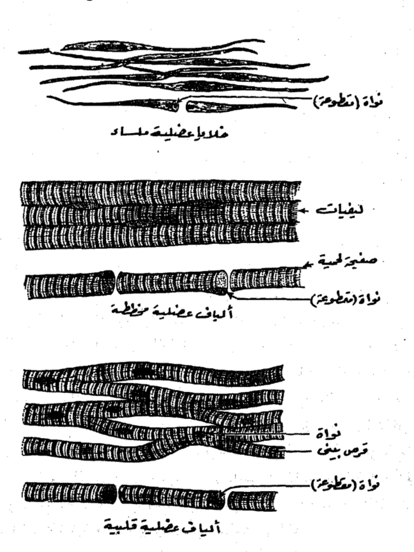
# الجهاز العضلى

يبدو الجهاز العضلى ، من الناحية الكمية على الاقل ، كبيرا فى اى دراسة من النوع الراهن ؛ اذ أن النسيج العضلى يشكل من ثلث الى نصف جسم الحيوان الفقارى المتوسط . كما ان للعضلات ايضا أهمية بالغة من الناحية الوظيفية . وتحدث الوظائف الرئيسية فى الجسم من الحركة الى الدورة الدموية بواسطة النشاط العضلى او ترتبط به . والنتيجة الرئيسية لهذا النشاط هى تحرك الجذع او الأطراف او الفكوك أو اى عضو أو جزء من عضو ، الا أن الفعل العضلى قد يبذل بطريقة سلبية فى الابقاء على سكون الجسم ، كما أن له أهمية ابتدائية فى انتاج حرارة الجسم . ولنشاط الجهاز العصبى — حتى فى قمة وظيفته فى مخ الانسان — اسلوب بسيط فى التعبير بخلاف انقباض الألياف العضلية .

**أنواع الألياف العضلية** ( شكل ١٧٥ ) : من الناحية الهستولوجية ، يمكن تمييز نوعين رئيسيين من الأنسجة العضلية هما الأليـاف الملساء والمخططة . وتعتبر الألياف الملساء أبسط وأصغر النوعين . وتشتق عـادة من الميزنشيم الجنينى المرتبط بالانسجة الضامة . والأماكن الرئيسية لوجود الألياف العضلية الملساء هى بطانة القناة الهضمية أو القنوات الجنينيـة الخارجة منها كالقصبة الهوائية والشعب الرئوية والمثانة . كذلك توجد فى أماكن اخرى مستقلة عن القناة الهضمية نذكر منها جدر الأوعية الدموية . والليفة العضلية الملساء النموذجية عبارة عن جسم رقيق مغزلى الشكل تبلغ بضعة من اعشار الملليمتر فى الطول ، وتوجد لها نواة واحدة مركزية ، كما يظهر البروتوبلازم الذى يبدو متجانسا ( بأصباغ خاصة ) ليفيات دقيقة تجرى بطول الخلية . وكما يتضح من الاسم فان الياف هـذا النـوع من العضلات تنقصه الخطوط العرضية التى تشاهد فى الخلايا العضلية المخططة. وقد تكون الألياف العضلية الملساء مبعثرة ، الا انها تكون مرتبة بوجه عـام فى شرائط أو حزم تربطها بعضها ببعض الياف نسيج ضام منتشرة بينها لتكون كتلة مشتركة فعالة ( راجع مثلا شكل ٢٥٠ ، ٢٥٨ ) .

ويوجد فى القلب نوع خاص من العضلات القلبية لا يوجد فى أى مكان آخر . وتنشأ العضلات القلبية جنينيا من أصل مشترك مع العضلات الملساء ، الا انه نتيجة لوظائفها الهامة ونشاطها الدائم فقد تكونت لها خطوط عرضية تشبه تلك التى تشاهد فى الألياف المخططة .

وعلى النقيض من ذلك ان العضلات القلبية لا تتكون من الياف فرديه ولكنها شبكة متصلة من شرائط مقسمة ومتحدة تقع فيها على مسافات

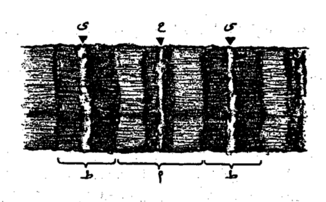



شكل ١٧٥

الأنواع الرئيسية للألياف العضلية ( عن هنتر وهنتر ـ كولج زولوجى ) .

خطوط عرضية واضحة تسمى الاقراص البينية ، وهى تفصل بين الوحدات الخلوية المتتابعة .

وتكون الالياف العضلية المخططة « لحم » الجسم او العضلات الارادية التى تشتق لدرجة كبيرة من القطع العضلية للجنين ، وتتصل بوجه عام بالتراكيب الهيكلية وتحركها . وهذه الالياف عبارة عن خلايا كبيرة متعددة النويات يتراوح طولها من ملليمتر الى عدد من السنتيمترات . وكما فى العضلات الملساء تحتوى الليفة على عدد كبير من لييفات طولية متلاصقة . ويرجع المظهر المخطط الى حقيقة أن اللييفات تتكون من أجزاء مضيئة واخرى مظلمة متبادلة توجد على نفس النقطة فى كل لييفة وتحدث التغيرات فى التخطيط بين مرحلتى الانبساط والانقباض لليفة . ويبين شكل ١٧٦ التخطيط بتفصيل أكثر . ومن المعتقد المألوف ان التخطيط يرجع الى التبادل بين نوعين من اللييفات فى الليفة ، يتكونان من بروتينى الميوسين والاكتين ، لا يمتد أى منهما بطول عقلة من التخطيط ، والانقباض عبارة عن انزلاق أحدهما على الآخر فيختزل بذلك الطول الكلى لكل عقلة . وتترتب الألياف




شكل ١٧٦

ترتيب الحزم فى ليفة عضلية مخططة . توجد حزم مضيئة وحزم مظلمة متبادلة ( ا ، ط ) يتميز فى كل منها ترقيط اضافى وخاصة شريط عرضى ح فى الحزمة ا ، شريط ى فى الحزمة ط . ( والليفة الموضحة هنا كما تشاهد تحت الضوء المستقطب ؛ أما بالاضاءة العادية فان الحزمة ا تكون مظلمة والحزمة ط مضيئة ) .

( عن جيتون ، عن سزنت ــ جيورجى )

المخططة بطريقة متوازية لتكون العضلات . وتجرى انسجة ضامة بين الالياف لتربطها ببعضها البعض ولتكون اغلفة لحزم الألياف . وبالاضافة تكون غلافا خارجيا للعضلة ككل .

وتبذل قوة العضلة خلال انقباض اليافها ويحدث ذلك بالتالى نتيجة على الليفات المحتواة . والانقباض فى العضلة الملساء بسيط وبطىء نسبيا الا انه قد يستمر طويلا ، أما العضلة المخططة فيمكن تنبيهها بسرعة . وهى تنقبض بعنف الا انها تنهك بسرعة اكثر . ويتطلب انقباض العضلات اطلاق طاقة كبيرة وبسرعة وعلى المدى الطويل يمكن امداد هذه الطاقة باستهلاك الكربوهيدرات الموجودة على هيئة نشا حيوانى فى الألياف . الا انه يبدو من المستحيل اكسدة النشا الحيوانى بسرعة كافية ، فتتكون عمليات كيميائية خاصة . وللالياف العضلية اهمية خاصة لوجود كميات وفيرة من ثريفوسفات الادينوزين . تبدو من قدرته ، خلال فقد جزء من فوسفاتها . على اطلاق الطاقة بسرعة وبوفرة ، على انه لاستمرار العمل لا بد من اعادة بناء الفوسفات وامداد الطاقة للعملية ، ويحدث هذا بالاكسدة العادية للنشا الحيوانى . واذا كان نشاط الليفة كبيرا جدا ومستمرا دائما فانه لا يمكن الانتفاع الكافى بالنشا الحيوانى وتنهك العضلة .

وقد تنقبض العضلة ككل انقباضا بسيطا او قويا ، لفترة قصيرة او لمدة طويلة ، وتختلف النتيجة تبعا لعدد الألياف المنبهة بواسطة الاعصاب وتبعا لسرعة المنبهات . الا ان الإلياف الفردية تعمل على اساس ( الكل او لا شىء ) فتنقبض كل ليفة انقباضا كاملا بقدر استطاعتها او لا تنقبض على الاطلاق . وتستغرق الانقباض الجاد لليفة المخططة والانبساط الأكثر تدريجيا الذى يتبعه معا ما لا يزيد على ١/٠,١ ثانية او ما يقرب من ذلك . ومع ذلك فان انقباض العضلات عادة لا يرجع الى منبه واحد وانما يرجع الى نوبة مستمرة من المؤثرات العصبية . ويزيد المنبه الثانى ( الذى يعطى قبل زوال تاثير المنبه الاول ) من الانقباض كما يستمر فى زيادته المنبه الثالث، وتؤدى سلسلة طويلة من المؤثرات بالعضلة الى الحد الاقصى من الانقباض او التوتر ( تيتانوس ) .

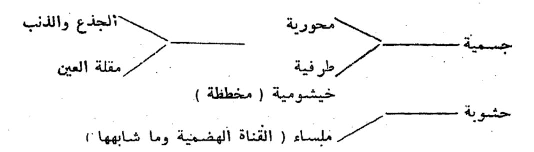
**تقسيم الانسجة العضلية :** كيف يمكن تقسيم الانسجة العضلية المختلفة للجسم ؟ ان احد هذه المقترحات الواضحة هو ان نقوم بذلك على اساس التركيب الهستولوجى ، مع اعتبار ان العضلات المخططة والملساء ( ومن بينها القلبية ) تكون القسمين الرئيسيين ، ويبدو هذا منطقيا لاول وهلة . فبالاضافة

الى الاختلافات بين انواع الالياف ، نجد ان العضلات المخططة عادة تقع تحت سيطرة الارادة الطوعية ، فى حين تقع العضلات الملساء تحت تأثير اعصاب لا ارادية . وتتكون العضلات المخططة فى الأنبوبة الخارجية من الجسم ، أما الملساء فانها ترتبط بالقناة الهضمية ، وكذلك نجد ان معظم العضلات المخططة ناشىء من القطع العضلية بينما تنشأ العضلات الملساء من الميزنشيم .

وهناك مجموعة ظاهرة من العضلات شاذة فى كثير من الوجوه وتدمر البساطة الواضحة لهذا التقسيم ، وهى الجهاز الخيشومى من العضلات التى يتصل بدائيا بالحواجز الخيشومية ويظهر فى منطقة الرأس والعنق فى جميع الفقاريات . وهذه العضلات مخططة وتحت الارادة الطوعية . الا انها لا تنشأ من القطع العضلية بل تنشأ من ميزنشيم المغلف الحشوى شأنها فى ذلك شأن العضلات الملساء ، كما انها ترتبط بالقناة الهضمية مثل العضلات الملساء النموذجية ، وتغذى هذه العضلات ( كما سنعرف فى الفصل السادس عشر ) بأعصاب أكثر شبها بتلك التى تمد العضلات الملساء من الاعصاب التى تجرى للعضلات المخططة النموذجية .

كل هذا يوحى بصورة عامة عن الفقاريات البدائية بأنهـا كان لهـا مجموعتان منفصلتان من العضلات . تكون المجموعة الاولى منهـا ؛ والتى يمكننا تسميتها العضلات الجسمية عضلات « الانبوبة الخارجية » للجسم ، وهى مخططة عموما وتتكون بصورة نموذجية من القطع العضلية وتغذى بنوع جسمى من الخلايا العصبية المحركة ( الفصل ١٦ ) وترتبط وظيفتها بتقويم الكائن لبيئته الخارجية . وينتمى لهذه المجموعة ، العضلات النموذجية للجذع والذنب والأطراف ( ومحتمل أيضا عضلات مقلة العين ) . أما المجموعة الثانية فهى العضلات الحشوية وتتصل اساسا بالقناة الهضمية ، ولا تنشأ من القطع العضلية وانما من الميزنشيم ، وتغذى بأعصاب حشوية محركة ، ويرتبط عملها اساسا بالهضم ووظائف اخرى تتصل بالتدبير الداخلى للحيوان . وفى هذه المجموعة الثانية نجد ان العضلات فى الجزء الخلفى من القناة الهضمية تبقى على التركيب البسيط للألياف العضلية الملساء . أما فى الراس ومنطقة البلعوم فقد ادت وظيفتا الغـذاء والتنفس الى ضرورة تكوين النوع المخطط من العضلات الذى يعمل بقوة أكثر .

وعلى ذلك يبدو انه بالرغم من الخطأ فى توحيد كل العضلات الملساء وبعض العضلات المخططة فى مجموعة واحدة رئيسية فان التقسيم الطبيعى للعضلات يكون كما يلى :




والعضلات الملساء ، بوجه عام ، هى اجزاء مكونة لأعضاء مختلفة ولا تحتاج الى اعتبارها بصورة منفصلة هنا . وسنناقش فى هذا الفصل فقط العضلات المتكونة من النوع المخطط وهى المجموعات المختلفة من العضلات الجسمية والعضلات الخيشومية للجهاز الحشوى .

**الاصطلاحات الخاصة بالعضلات :** كما فى الاجهزة العضوية الاخرى ، تعطى العضلات ، بقدر المستطاع ، اسماء مستخدمة فى تشريح الانسان ، الا اننا نشك فى احيان كثيرة بالنسبة لنظائر عضلات الانسان فى الفقاريات الدنيا . والطريق الأسلم الآخر فى حالة الشك هو ان نعطى العضلات فى الفقاريات الدنيا اسماء تصف ببساطة موضعها العام أو أماكن اتصالها . وعلى ذلك مثلا فان العضلة التى تجرى فى الزواحف من الحرقفة الى الفخذ متماثلة مع جزء من ( أو كل ) العضلات الردفية التى تقع الى حد ما فى نفس المكان فى حيوان ثديى ، الا انه ما دام هناك شك فيمكن تحاشى المشكلة اذا سمينا عضلة الزواحف ببساطة « الحرقفية الفخذية » .

وهناك اصطلاحات مختلفة كثيرا ما تستخدم فى وصف العضلات ، وخاصة عضلات الأطراف طبقا لنوع العمل الذى تقوم به ؛ فالعضلة الباسطة هى التى تقوم بفتح المفصل والقابضة هى التى تقفله . والمقربة تجذب عقلة الجسم للداخل والمبعدة تؤدى العكس ، والرافعة ترفع تركيبا ما بعكس الخافضة ؛ والعضلة الكابسة او الباطحة تدير الجزء البعيد من الطرف الى موضع منحدر او منبطح من القدم ( اى براحة اليد او اخمص القدم الى اسفل أو العكس ) . وتحيط العضلات العاصرة او القابضة بفتحات ( كالخياشيم او المدرق ) وتميل الى قفلها عند انقباضها .

وتتصل العضلات عادة بعناصر هيكلية عند طرفيها ، واكثر هذه الاتصالات ثباتا هى منطقة المنشأ، اما الأخرى فهى منطقة الادخال او الاندغام؛ وفى عضلات الأطراف يعتبر الطرف القريب دائما نقطة المنشأ . وتسمى العضلة عديدة الرءوس بذات الرأسين او ثلاثية الرءوس وهكذا . وتنشأ

العضلات غالبا مباشرة من سطح عريض من العظم او الغضروف . وفى هذه الحالة نقول انها لحمية الاصل ، وفى أحيان كثيرة تنتهى العضلة عند أحد أو كلا طرفيها بوتر أو بصفيحة مفلطحة من النسيج الضام هو الصفاق أو اللفافة .

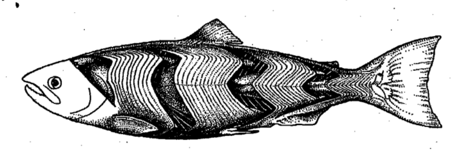
**تماثل العضلات :** ان الدراسة المقارنة للعضلات صعبة لاختلاف العضلات وللسهولة الظاهرة التى تتغير بها علاقاتها ووظائفها . فالعضلة التى تكون وحدة فى حيوان ما قد تنشق الى اثنتين او اكثر فى حيوان آخر . كما ان هناك حالات تلتحم فيها العضلات الواضحة الأصل ثانويا . ويعتبر الأصل الجنينى هنا ( كما هو دائما ) ظاهرة هامة فى تحديد التماثل . وفى حالات كثيرة يمكن ، على الاقل ، تتبع مجموعات من العضلات الفردية فى الحيوان اليافع الى نشأتها المبكرة فى الجنين كتجمعات كبيرة من نسيج عضلى أو نسيج سابق لنسيج عضلى ( راجع شكل ١٨٣ ب ) وتعطى طريقة تفريق هذه الكتل الأم دليلا قيما على التماثل .

ويعطى الامداد العصبى المحرك للعضلات ادلة قيمة . كان المعتقد لمدة طويلة لكثير من المشتغلين ان هناك رابطة فى تاريخ الجنس لا تتغير بين عصب معين وعضلة معينة . الا ان علم الأجنة لا يعطى اى دليل على ان هناك اية علاقة غامضة بين الياف عصبية خاصة والألياف العضلية الخاصة التى تكون عضلة معينة ، ويبدو فى بعض الأحيان القليلة من المؤكد ان الامداد العصبى لعضلة يختلف اختلافا واضحا فى الحيوانات المختلفة . على أن الخبرة الحقيقية تدل على ان الامداد العصبى لكتلة معينة من العضلات يميل الى أن يبقى ثابتا ؛ وان هذا الامداد يقدم دليلا هاما على تشابه العضلة .

## العضلات المحورية

عضلات الجذع فى الأسماك : تكون العضلات المحورية الجزء الرئيسى من القسم الجسمى للعضلات فى الاسماك . والجزء الأكبر منها مرتب فى كتل عقلية على امتداد الجانبين ( شكلى ١٧٧ ، ١٧٨ أ ، ب ) ، وهى تكون العضو الحركى الرئيسى للسمكة . ويلقى جسم السمكة موجات دفعة بواسطة انقباضات متبادلة منتظمة لعضلات الجانبين ( راجع شكل ١٢٠ .

والعضلات المحورية . فى الاسماك : تنشأ مباشرة من القطع العضلية كما يمكن مشاهدتها مثلا فى جنين القرش ( شكل ١٧٦ ) . ويبقى الترتيب العقلى الى حد كبير فى الطور اليافع ، وتكون معظم عضلات الجذع مرتبة فى قطع عضلية تتمشى فى العدد مع الفقرات وتتبادل معها . وتتجه الألياف العضلية فى كل عقلة من الامام للخلف ، ويتصل قليل من الالياف مباشرة بأجزاء هيكلية : الا انها تندغم فى صفائح سميكة من النسيج الضام هى الفواصل العضلية ( شكل ١١٤ ) التى تقع بين القطع العضلية المتتابعة وتمتد للداخل لتتصل بالعمود الفقرى ، وتتكون الاضلاع ( والعظام



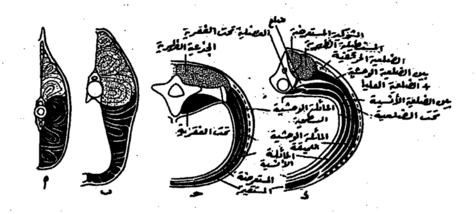
شكل ١٧٧

تشريح للسلمون يبين العضلات المحورية . وقد ازيلت مجموعة من القطع العضلية فى اربعة مواضع لبيان الثنى الداخلى المعقد لهذه التراكيب العقلية . وفى داخل الجسم يبرز كل حرف V للامام او الخلف اكثر منه على السطح . ويظهر الحاجز الجانبى حيث يقطع حرف V الرئيسى المتجه الى الأمام . ( عن جرين ) .

بين العضلية الاضافية للأسماك العظمية ) فى الفواصل العضلية . وتبدأ القطع العضلية فى الجنين على شكل حزم عمودية بسيطة . الا انها فى الطور اليافع تنثنى بطريقة متعرجة يبدو انها تقوى الكفاية العضلية . وتتكون كل ثنية فى السهيم من حرف V تتجه قمته للأمام على امتداد الجانب . وهناك تعقيد اكبر فى معظم الاسماك لتعطى شكل W بطرفها الاعلى متجها للأمام ؛ وتحت السطح تجرى كل قطعة عضلية لمسافة ما الى الأمام والخلف لتغطى جارتيها من اعلى واسفل ( شكل ١٧٧ ) .

ويتكون فى الاسماك — الاعلى مستوى من دائرية الفم — حاجز افقى من النسيج الضام يجرى للأمام والخلف تحت الطرف المتجه للأمام لحرف V ؛ وتنمو الاضلاع الظهرية عند نقط تقاطع هذا الحاجز مع الفواصل العضلية

المتابعــة ( شكل ٢ د ، وشــكل ١١٤ ) . وقــد تنقســم العضــلات المحــورية فى الفكيــات الى مجموعتــين رئيسيتــين : العضــلات فوق المحورية وتقع فوق الحاجز وفوق ( أو للخارج من ) الأضــلاع الظهــرية ، والعضلات تحت المحورية تحت الحاجز ( شكل ١٧٨ ) . والى جانب الكتلة الرئيسية من العضلات المحورية للسمكة قد تتكون عضــلات أصغــر على اتصال بالزعانف الوسطية . وبالاضافة الى ذلك قــد توجــد تخصصــات منطقية تتكون اكثر رقيا فى الفقاريات البرية فى الذنب ، وبصفة خاصة من منطقة الحزام الكتفى للأمام . وفيما يلى سنتتبع أولا مجموعات عضــلات الجذع فوق المحورية وتحت المحورية من الاسماك علوا الى رباعيات القدم ، ثم نعود بعد ذلك لنتفهم قصة المنطقتين الامامية والخلفية الأكثر تخصصا .

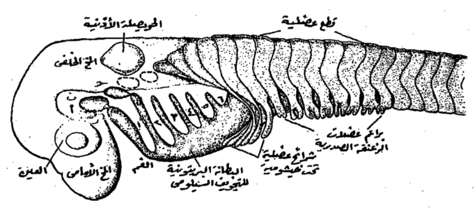



شكل ١٧٨

مقاطع تخطيطية تبين اجزاء العضلات الجذعية فى ا ــ ذيل القرش ، ب ــ جذع القرش ، جـ ــ برمائى ذيلى ، د ــ سحليه .

العضلات فوق المحورية منقطة ، والعضلات تحت المحورية سوداء . فى د ، من المفروض وجود ضلع فى الجهة الظهــرية ومؤشرا على الاجــزاء المجاورة من العضلات تحت المحورية كما فى المنطقة حاملة الاضلاع ؛ والى الناحية البطنية اكثر فان الأسماء هى نفس أسماء العضلات البطنية المقابلة . ( اساسا عن تيشى

**عضلات الجذع فوق المحورية :** لقد مرت العضلات فى تاريخ جنسهــا باحداث كثيرة . فهى فى الأسماك ( شــكلى ١٧٧ ، ١٧٨ ، ب ) عــامة عبارة عن عمود متكتل من عضلات مقسمة تبين دلالات قليلة على التجزؤ ،




شكل ١٧٩

منظر تخطيطى لجنين القرش يبين تكوين العضلات . لاحظ أن الجلد وأنبوبة القناة الهضمية قد أزيلت ، بينما يتضمن المنظر المخ والعين وحويصلات الأذن كعلامات حدية . وقد امتدت القطع العضلية الى إسفل فى الخلف ، لتكون تخما عضلية ، وفى منطقة الزعنفة الصدرية ، تتكون براعم زوجية من القطع العضلية المجاورة كعضلات زعنفية قوية . وأمام هذه تمتد براعم ، من القطع العضلية الامامية ، فى الناحية البطنية لتكون عضلات تحت خيشومية . وفى منطقة الأذن تكون القطع العضلية ( الخطوط المقطعة ) أثرية أو غائبة الا انه أبعد للأمام تبقى ثلاث قطع عضلية ( من أ ــ جـ ) لتكون عضلات العين . ويبين المنظر موضع الفتحة التنفسية ( ف ) والفتحات الخيشومية العادية ( من ٢ ــ ٦ ) . وهذه تعترض استمرار السيلوم وطلائية البريتونية . وتبرز براعم من هذه الطلائية الى أعلى بين الفتحات الخيشومية ، وتنشأ العضلات الحشوية للقوس اللحيية ( ق ) والقوس اللامية ( ل ) والأقواس الخيشومية الخلفية من المغلف الحشوى .

( جزئيا عن براوس )

ويمكن تسميتها ككل العضلة الجذعية الظهرية . وفى الفقاريات البرية فانها تختزل بصفة عامة ويقتصر وجودها على ممر ظهرى يقع فوق النتوءات المستعرضة والفقرات . ورغم انها بسيطة فى الذيليات ( شكل ١٧٨ ، جـ ) فانها تميل فى الرهليات الى أن تنقسم عرضيا الى تحت أقسام طولية عديدة كتلك المبينة فى شكل ١٧٨ ، د . وفى السلاحف ــ مع تكوين الصدفة ــ تختزل هذه العضلات الجذعية الظهرية ( وكذلك البطنية ) . كما انها تختزل أيضا فى الطيور . ومن جهة أخرى فان استئناف الوظائف الحركية الرئيسية بواسطة العضلات المحورية فى الثعابين يؤدى الى تكوين رقى لهذه العضلات الظهرية .

**عضـلات الجـذع تحت المحورية** : تكون العضـلات تحت المحـورية للجذع جوهريا ، فى الأسماك ، وخد ممتدة الى اسفل من الحاجز الأفقى على الجانبين حول جدار الجسم ( شكل ١٧٨ ،ب ). ويختزل سمك هذا الجدار ( وبالتالى سمك العضلات تحت المحورية ) أكثر فى الفقـاريـات البرية ، الا أن هذه العضلات معقدة التركيب ( شكل ١٧٨ جـ ، د ، ١٨٠ و ١٨١ ) . ويمكننا أن نميز ثلاثة تحت أقسام رئيسية :

١ ــ العضلات تحت الفقرية فى الجهة الظهرية والوسطية .

٢ ــ مجموعة جانبية من صفائح عضلية على امتداد الجانبين .

٣ ــ مجموعة مستقيمة فى الجهة البطنية .

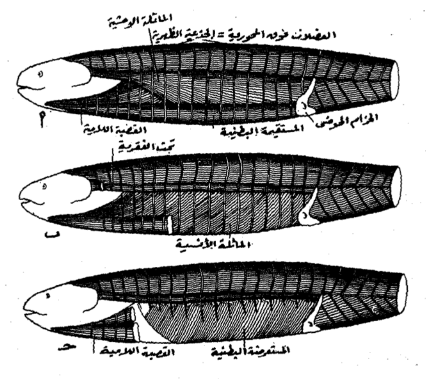
والعضلات تحت الفقرية عامة صغيرة فى الحجم وليست لها وظيفـة هامة حيث تعمل مجرد فعل معاكس للعضلات الظهرية فى الحركات الظهرية البطنية للعمود الشوكى .

اما العضلات الجانبية ، المتدة على المنطقة من النتوءات المستعرضة الى أسفل حتى الجهة البطنية ، ممسوكة بالجهاز المستقيـم فهى معقـدة ومختلفة . وهناك ثلاث صفائح رئيسية منبسطة من العضلات المرتبة عقليا ( قد تتجزأ كل منها فى مناطق ومساحات مختلفة ) ، وفى الذيليـات ، حيث تكون الأضلاع غائبة ، فان الطبقات الثلاث تكـون : **عضلة مائلة** وحشية تجرى اليافها جوهريا من الامام للخلف الا انها تنحرف قليلا الى اعلى فى الناحية الأمامية ، **وعضلة مائلة انسية** تنحـرف اليافهـا على العكس الى أعلى فى الجزء الخلفى ، واعمق الثلاثة توجد **العضلة المستعرضة** التى تجرى اليافها على النقيض من الياف العضلات المائلة فى اتجاه ظهـرى بطنى . وقد توجد فى الزهليات مجموعة مشابهة من الصفائح العضليـة البسيطة فى المنطقة القطنية حيث تكون الأضلاع قصيرة او غائبة . وتبقى العضلة المستعرضـة عادة للأمام اكثر ، الا أن وجود الأضلاع يقطع الطبقتين الخارجيتين الى مجموعتين مدهشتـين من العضـلات الصغـيرة هى بين الضلعية ، الضلعية العليا ، تحت الضلعية وهلم جرا ( شكل ١٨١ ) ، ومحاولة وصفها بالتفصيل سيكون مرهقا للمؤلف والطالب معا .

وتجرى العضلة المستقيمة البطنية بدائيا على امتداد البطن من منطقة الكتف حتى الحوض كما تفعل حاليا فى الذيليات . وقـد تكـون العضلة

المستقيمة متصلة الى حد ما مع العضلات المائلة عند حافاتها الجانبية وخاصة المائلة الانسية . وفى رباعيات القدم حيث توجد لها مجموعة راقية التكوين من العضلات القصية تكون المستقيمة قصيرة ، اما فى الشدييات فيقتصر وجودها على البطن .

وتتميز الثدييات بتكوين الحجاب الحاجز وهو الحاجز الذى يفصل التجويفين الصدري والبطنى وله اهمية فى التنفس ( راجع ص ٣٤٠ ) . ويتحرك الحجاب الحاجز بواسطة مجموعة من الصفائح العضلية الرقيقة التى تتجمع من حدوده الخارجية فى اتجاه مركزه ، ويبدو ان هذه العضلات مشتقات خاصة من العضلات المستقيمة فى منطقة الصدر .




شكل ١٨٠

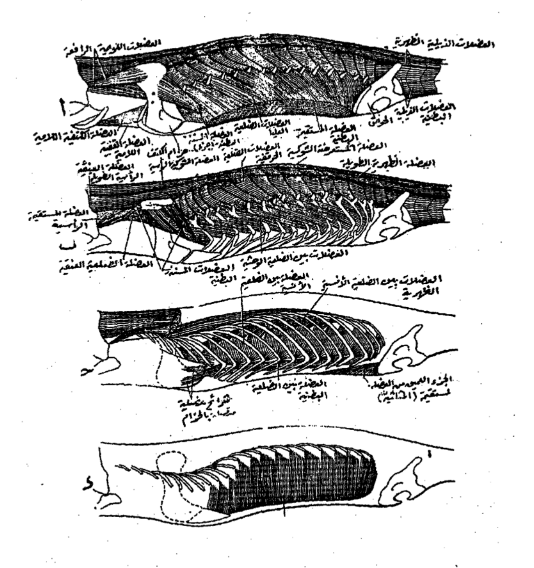
مناظر جانبية العضلات المحورية لبرمائى ذيلى .

أ — منظر سطحى ( بعد ازالة صفيحة سطحية رقيقة من المائلة الوحشية ) .

ب — بعد قطع المائلة الوحشية والمستقيمة البطنية لتوضيح العضلة الانسية والعضلة تحت الفقرية .

جـ — بعد ازالة المائلة الانسية لتوضيح المستعرضة البطنية .

( محور عن مورر )




شكل ١٨١

مجموعة من التشريحات التخطيطية للسفينودن تبين تشريح العضلات المحورية وقد ازيلت صفيحة سطحية رقيقة من العضلة المائلة الوحشيـة فى « أ » ، كما ازيلت العضلات الضلعية العليا والمستقيمة وعضلات الحلق والعضلات السطحية بالنسبة لعظم اللوح فى « ب » ، وفى « جـ » قطعت العضلات فوق المحورية فى الجزء الخلفى وظهرت العضلات بين الضلعيـة الأنسية والمثلثية ( غير مبينة فى الشكل السابق ) . وفى « د » قطعت الأضلاع وازيلت جميع العضلات الأخرى لتوضيح العضلة المستعرضة .

( عن موردو فيربرنجر )

العضلات الجذعية للكتف ومنطقة الراس : كما يمكن ان يكون متوقعا فان الامتداد الامامى للعضلات الجذعية يتوقف لدرجة كبيرة فى منطقةالحزام الكتفى ، وتؤدى التراكيب الخاصة فى منطقة الخياشيم او العنق الى حالات شاذة فى الاجزاء الامامية للعضلات المحورية .

وتجرى العضلات الظهرية فوق المحورية الى الامام مع اعتراض قليل نسبيا عبر الكتف لتنتهى عند المنطقة القذالية للجمجمة ، وقد تتكون شرائح خاصة لتدعيم الراس . وبالاضافة الى ذلك تجرى عناصر رقيقة من الجهاز تحت الفقرى ظهريا للأمام ولكنها تحت الفقرات .

وتنتهى العضلات الجانبية ــ المائلة والمستعرضة ــ او بديلاتهما بين الضلعية فى الامام عند منطقة الكتف . الا انه تتكون من المجموعة المائلة مجموعة خاصة جدا من العضلات تدعم حزام الكتف فى الفقاريات البرية . وعلى العكس تماما من الحالة الموجودة فى حوض رباعيات القدم ، حيث الأحزمة قوية الالتحام مع المجموعة الظهرية ، فان حزام الكتف ليس له ارتباط مباشر بالعمود بالفقرى . وبدلا من ذلك فان الجسم معلق بين عظمى اللوح فى علاقات مرنة مكونة من عناصر عضلية جانبية خاصة هى العضلات اللوحية المسننة والرافعة . وتجرى هذه على الجانبين من قمة المظم اللوحى الى اسفل بطريقة مروحية الشكل لتتصل الاضلاع الامامية او النتوءات المستعرضة ( شكل ١٨١ ، أ ، ب ) . ويستريح الجسم من كثير من هزات ورجات الحركة عن طريق هذا النوع المرن من الاتصال ( مثل استخدام الزنبرك فى تصميم السيارات ) . وتوجد فى الثدييات ــ بالاضافة الى ذلك ــ عضلة معينية ذات وضع ظهرى اكثر ، تميل الى حفظ الطرف العلوى لمظم اللوح فى مكانه بسحبه فى اتجاه الخط الوسطى .

وعلى الرغم من ان العضلات الجانبية تتوقف عند منطقة الكتف فان العضلات البطنية التى تكون جزءا من الجهاز المستقيم تمتد من منطقة الكتف للأمام تحت الحلق، وتعرف هذه العضلات فى مجموعها ــ فى الاسماك ــ بالعضلات تحت الخيشومية أو القوسية الغرابية ، حيث ان عناصر هذه المجموعة تنشأ نموذجيا من المنطقة الغرابية للحزام وتتصل بالطرف البطنى لحواجز القوس الخيشومية . وتبقى شرائح مختلفة من هذه العضلات فى رباعيات القدم كالقصية اللامية والكتفية اللامية وهلم جرا ( شكلى ١٨٠ ، ١٨١ ، أ ) . وهناك تكوين ملحوظ مرتبط بحقيقة ان لسان الفقاريات

البرية يتكون فى قاع الفم من منطقة قواعد الاقواس الخيشومية . وفى اثناء امتداده يحمل معه كتلة من الألياف العضلية تحت الخيشومية الموجودة فى هذه المنطقة ، وهذه الكتلة العضلية تكون لحم اللسان ( شكل ٢٠٩ ) .

وليس التكوين الجنينى والامداد العصبى للعضلات تحت الخيشومية غير ذات اهمية . فهى كالعضلات المحورية تنشأ من القطع العضلية ، الا أن تكوين الفتحات الخيشومية يفصل منطقة الحلق عن الاتصال المباشر ظهريا بالقطع العضلية الخاصة بالمنطقة القذالية ومنطقة العنق التى تتوقع أنها تتكون منها . وتشاهد فى بعض الأجنة شرائح من هذه القطع العضلية فى عملية هجرة دائرية للوراء فوق الخياشيم واسفل خلف الغرفة الخيشومية ثم للأمام فى الحلق لتكون العضلات تحت الخيشومية ( وعضلات اللسان ) ( شكل ١٧٩ ، ص ٣٠٤ ) . وقد لاحظنا سابقا أن هناك اتجاها لوجود امداد عصبى ثابت لكتلة معينة من العضلات ، حتى اذا هاجرت من موضعها الأصلى . وتمشيا مع هذه الحقيقة نجد أن العضلات تحت الخيشومية فى الأسماك تمدها أعصاب من المنطقة القذالية للجمجمة والجزء الأمامى من المنطقة العنقية تتبع نفس مسار الهجرة الذى سلكه النسيج العضلى حول مؤخرة الغرفة الخيشومية وللأمام على امتداد الحلق . وتكون أعصاب مماثلة فى الرهليات العصب تحت اللسانى والضفيرة العنقية ، وتسلك هذه الأعصاب فى الجنين مسارها فى البلف للوراء والى اسفل خلف الجيوب الخيشومية الجنينية ، وحتى فى الطور اليافع فانها تسلك طريقا دائريا الى الحلق واللسان ( راجع الفصل ١٦ ) .

**العضلات الذيلية** : تمتد العضلات المحورية فى الأسماك ، بقليل من التوقف عبر المنطقة المذرقية أو الشرجية حتى الذنب . وتعتبر العضلات فوق المحورية هنا ببساطة استمرارا لعضلات الجذع . اما فى الجبهة البطنية ففى غياب تجويف الجسم وما يحتويه من الأحشاء تتحول العضلات المحورية من مجموعة من التراكيب صفيحية الشكل الى زوج ماكن من الحزم البطنية يشبه العضلات فوق المحورية التى تعلوه ( شكل ١٧٨ ، أ ، ص ٣٠٣ ) .

ويتجه التكوين الأكبر للأحزمة الحوضية وعضلات الأطراف الناشئة منها فى رباعيات القدم الى تحطيم استمرار العضلات المحورية بين الجذع والذنب . وقد تتشوش العضلات فوق المحورية قليلا ، الا أن توقف العناصر تحت المحورية عند الحزام يكون كاملا أو قريبا من ذلك . اماالذنب فبينما

لا تكون له نفس الأهمية كما فى الأسماك فانه يبقى غليظا وعضليا فى الذيليات وكثير من الزواحف ، الا أن جزءا من حجمه فى الجهة البطنيـــة يتكون من عضلات ( الفخذية الذيلية التى سيأتى وصفها فيما بعد ) تجرى للخارج فى الجزء الأمامى حتى الفخذ ، ومن ثم فهى عضلات طرفية أكثر منها عضلات ذيلية حقيقية . ولسنا بحاجة الى القول بأن العضلات الذيليـة مختزلة فى نماذج مثل اللاذيليات والطيور والثدييات والسلاحف حيث تكون أهميـة الذنب كله مختزلة . وينمو عادة من عضلات الذنب البطنية خلف الحـــزام مباشرة فى الفقاريات البرية عضلة عاصرة أو قابضة تقفل فتحة المذرق أو الشرج .




شكل ١٨٢

عضلات العين . منظر جانبى بعد ازالة مقلة العين ( الحدود الخارجية)، الأشكال البيضاوية هى اتصالات العضلات ، أعصاب عضلات العين الثلاثة مبينة ( ٣ ، ٤ ، ٥ ) ( عن جودرتش )

**عضـــلات العين** : تكون العضـــلات التى تحرك مقلة العين نقطة مركزية للعضلات المحورية ممتدة للأمام . وتعترض مجموعة القطع العضلية المؤسسـة لطول الجذع فى الأمام ، فيما عدا فى دائرية الفم ، بواسطة العلبة المخيةالممتدة فى منطقة الأذن ، وللأمام أكثر ، تبقى قطع صغيرة ، عددها ثلاث عادة ، فى كل طائفة فقارية فى منطقة حجاج العين ( شكل ١٧٩ ) ، وهى تلعب دورا صغيرا فى تكوين الأنسجة الهيكلية أو الضامة الا أن عضلات مقلة العين تتكون منها ، ويتصل بهذه القطع الثلاث ويغذى العضلات التى تكونها ثلاثة أعصاب مخية صغيرة هى الثالث والرابع والسادس من المجموعة المرقمة ( الفصل ١٦ ) .

ويتكون فى أغلب الفقاريات ست عضلات نموذجية شريطية الشكل من هذه القطع ( شكل ١٨٢ ) . وتنشأ فى الطور اليافع من سطح العلبة المخيـة

وتتمروح للخارج لتتصل بمقلة العين ، وفى ترتيبات مختلفة يسبب جذبها دوران العين فى اى اتجاه مطلوب . وينشأ أربع منها وهى **العضلات المستقيمة** فى الخلف الى جوار ساق العين أو العصب البصرى ، فى حين تتبع الاثنتان الأخريان وهما **العضلتان المائلتان** من الجزء الأمامى لحجاج العين . وتمد أربع من العضلات الست عصبيا بواسطة العصب الثالث ، والمائلة العليا بالعصب الرابع والمستقيمة الخلفية بالعصب السادس . وكما يؤدى هذا بنا الى الاستنتاج فاننا نجد أن فى الجنين اربعا من هذه العضلات تنشأ عادة من القطعة الأولى من قطع العين الثلاث وواحدة من كل من القطعتين الأخريين .

وبالاضافة الى العضلات الست العادية قد توجد عضلات اضافية . وفى غالبية رباعيات القدم ( باستثناء الطيور والرئيسيات ) توجد عضلة بصيلية قابضة تميل الى سحب مقلة العين فى حجاجها بعمق اكثر ، وفى معظم الرهليات توجد عضلة رافعة جفنية عليا ترفع الجفن العلوى وشرائح مختلفة تحرك الغشاء الرامش للعين .

## عضلات الأطراف

تشتق عضلات الأطراف الزوجية ، تاريخيا ، من القطع العضلية العامة للجذع ومن ثم فهى جزء من الجهاز الجسمى . الا أن عضلات الأطراف واضحة فى موضعها وطبيعتها . كما أنها هامة فى الفقاريات العليا لدرجة تتطلب معها دراسة خاصة . فى رباعيات القدم تضمحل العضلات المحورية فى الحجم ، على حين تنمو الأطراف وعضلاتها فى أغلب الأحيان الى حجم كبير نسبيا . ولاستخدام مثال بسيط فان السمك – كغذاء – عبارة عن عضلات محورية ، فى حين أن اللحم فى العجل أو الحمل أو الخنزير عبارة عن عضلات خالصة مع قليل متبق من أصل محورى . وحتى شريحة اللحم التى يتصل بها عظم يدل على طبيعتها المحورية تتكون اساسا من عضلة طرف تنشأ من الجذع وجزئيات صغيرة فقط على العظمة هى المحورية فى الحقيقة .

وكمشتقات للجهاز الجسمى لا بد لعضلات الأطراف – نظريا على الاقل – أن تنشأ فى الجنين من قطع عضلية . وفى بعض الفقاريات الدنيا – وبالتحديد فى القرش – يبدو هذا المنشأ واضحا ( شكل ١٧٩ ) ، وتكون عضلات الزعانف الزوجية مشتقة من براعم ممتدة من رءوس مجموعة من القطع العضلية ، اما فى رباعيات القدم فلم يتضح مثل هذا المنشأ . وتنشأ

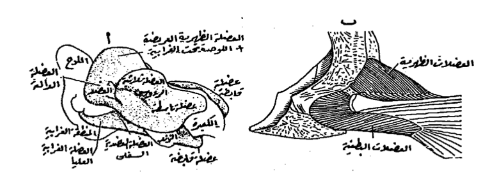
عضلات الأطراف من كتل ميزنشيمية مكتنزة ، الا انه من المحتمل ان يكون هذا الميزنشيم مشتقا اساسا من القطع العضلية .

والعضلات بسيطة البناء فى زعانف الاسماك ( شكل ١٨٣ ، ب ) . ويمكن مشاهدة كتلتين صغيرتين متقابلتين من العضلات بوجه عام ، كتلة ظهرية تساعد فى رفع او اطالة الزعنفة واخرى بطنية تخفضها او تقربها . وبالاضافة الى ذلك قد تتكون شرائح صغيرة من كل من المجموعتين تعطى حركة دائرية . او اى حركات زعنفية اخرى خاصة .

**الأطراف فى رباعية القدم** : يقابلنا موقف مختلف فى الفقاريات البرية حيث ان عضلات الأطراف ليست فقط اكثر ضخامة ، انما اكثر تعقيدا . الا ان طريقة التكوين تعطى مفتاحا لتقسيم طبيعى للعضلات الموجودة . وفى النشوء المبكر ، ويكون الطرف فى رباعية القدم ما زال برعما قصيرا من الجسم ، تتكون كتلة من نسيج سابق للنسيج العضلى ( شكل ١٨٣،أ) على كل من السطحين العلوى والسفلى للهيكل المتكون ، ومن الواضح ان هاتين الكتلتين المتقابلتين يمكن مقارنتهما بالكتلتين العضليتين الظهرية والبطنية لزعنفة السمكة . ومن هاتين الكتلتين تنشأ جميع العضلات المعقدة للطرف اليافع . ونتيجة لذلك فان هذه العضلات يمكن تصنيفها الى مجموعتين رئيسيتين : ظهرية وبطنية ، او ( على وجه التقريب ) باسطة ومقربة ، وتكون الفروق واضحة بين اعضاء المجموعتين بوجه عام فى الجزء البعيد من الطرف ، وفى المناطق القريبة للكتف والردف فان التحورات المختلفة تجعل تصنيف هذ المجموعات صعبا اذا لم يكن منشؤها الجنينى معروفا .

ولكى نصف ونقارن بالتفصيل العضلات المختلفة فى كل مجموعات رباعية القدم فان هذا سيتطلب جزءا كبيرا فى حد ذاته وهو امر مضن ومتعب . وسيقتصر الحديث هنا على تصوير ووصف المظاهر الرئيسية لعضلات غظاءة « سحلية » بطريقة مختصرة كممثل لحالة بدائية عامة لرباعيات القدم ، ولعضلات « متماوت » كممثل لنوع ثديى اساسى .

الطرف الصدرى : العضلات الظهرية ( شكلى ١٨٤ ، ١٨٥ ، ا ، د ) : يوجد فى كل رباعيات القدم عدد من العضلات الظهرية التى تتصل بالعضد بالقرب من راسه وهى المسئولة عن كثير من تحركات هذا العظم على حزام الكتف . ومن عضلات هذا النوع عضلتان سطحيتان مروحيتا الشكل ظاهرتان يمكن مشاهدتهما فى الزواحف والثدييات ، وهما : **العضلة الظهرية**

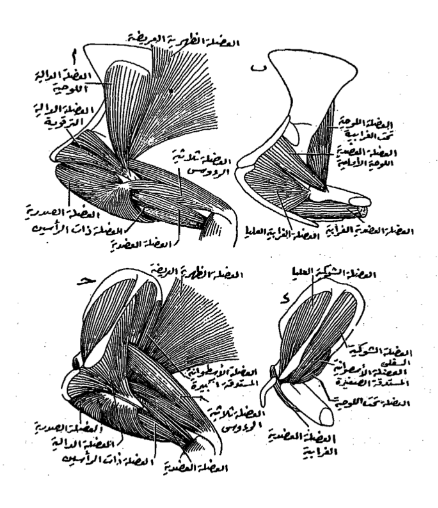



شكل ١٨٣

ا ــ منظر خارجى للحزام الصدرى والطرف للجهة اليسرى وعضلاتها فى جنين السحلية ( الهيكل غير مظلل والنسيج العضلى منقط ) ، ب ــ الحزام الصدرى والزعنفة فى سمك ( استرجون ) . تتكون العضلات فى زعنفة السمكة ببساطة من كتلتين عضليتين متقابلتين ظهرية وبطنية . وفى الفقارى البرى اليافع يكون للطرف عدد كبير من العضلات المميزة ، أما فى الجنين فهى مرتبة فى كتلتين متقابلتين تشبهان تلك الموجودة فى زعنفة السمكة ، وفى المرحلة الموجودة فى الشكل بدأت الكتلتان بالكاد فى التمييز الى العضلات اليافعة ( راجع شكل ١٨٤ ، أ ) . والكتلة الظهرية مبينة جيدا أما الكتلة البطنية فهى مختفية غالبا تحت الطرف ( الذى لم تتكون فيه القدم بعد ) .

**العريضة** وتنشأ من غلاف الجانب والظهر ، **والعضلة الدالية** التى تنشأ ( غالبا من جزءين ) من اللوح والترقوة . وفى الثدييات تتصل شريحة من العضلة الأولى مع عظم اللوح هى **العضلة الاسطوانية المستدقة الكبيرة** . وفى الزواحف توجد عضلة ظهرية خارجية صغيرة هى **العضدية اللوحية الأمامية** عميقة عن العضلة الدالية وتدفع هذ العضلة فى الثدييات الى الحافة الظهرية لعظم اللوح حيث تسمى **العضلة الاسطوانية المستدقة الصغيرة** . وفى الزواحف والثدييات تجرى عضلة عريضة ( مبينة جزئيا فى الأشكال ) من الناحية الداخلية للحزام الكتفى لتندغم على العضد بالقرب من العضلة العريضة وتسمى **اللوحية تحت الغرابية** فى الزواحف **وتحت اللوحية** فى الثدييات .

هذه هى أقرب أعضاء المجموعة الظهرية أو الباسطة . الى الوراء يغطى السطح الظهرى للعضد بواسطة **العضلة ثلاثية الرءوس** التى تنشأ من




شكل ١٨٤

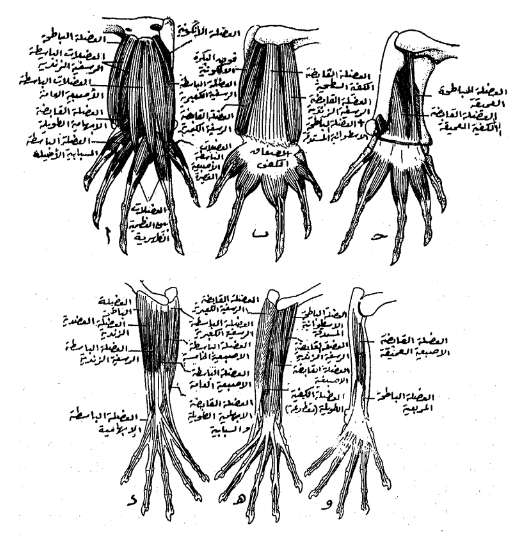
عضلات الكتف والساعد فى السحلية ( أ ، ب ) والمتماوت ( جـ ، د ) فى مناظر جانبية ، اشكال اليد اليمنى فى كل حالة عبارة عن تشريحات عميقة مقارنة مع ازالة العضلة الظهرية العريضة والدالية والصدرية والعضلات الطويلة ( ثلاثية الرءوس وذات الراسين والعضدية ) . ويلاحظ هجرة العضلة الغرابية الى اعلى لتصبح العضلتان الشوكيتان العضد وبواسطة راس او اكثر من الأجزاء المحيطة من الحزام ، وتتصل العضلة فى جزئيها البعيد بمرفق الزند ــ ويعتبر هذا الاتصال فى الحقيقة سبب وجود هذا النتوء ــ وتساعد فى بسط الساعد ــ وتتصل المجموعة الظهرية تحت المرفق بالمجموعة الباسطة للساعد . وتجرى اكثر وضوحا صفيحة معقدة من العضلات الى أسفل من منطقة المرفق للخارج الى عظم الساعد ثم الى اليد ، وتوجد مجموعة من العضلات الباسطة القصيرة فى منطقة الرسغ

والأصابع ، كما يظهر نفس الترتيب فى السحلية والثدييات فيما عدا ان فى الأخيرة توجد عضلة باسطة طويلة من المرفق لهـــا أوتار ، غير موجودة فى الزواحف ، تجرى مباشرة فى الأصابع .

**العضلات البطنيــة** : ( شــكلى ١٨٤ ، ١٨٥ ، ب ، ج ، هـ ، ر ) : يوجد فى الجانب السفلى للكتف عضلة سطحية هامة تعطى قوة شد للوراء والى أسفل على العضد هى عضلة الصدر أو **العضلة الصــدرية** تنتشر على شكل مروحة بعيدا الى الوراء على القص والأضلاع تندغم على نتوء قوى تحت الطرف القريب للعضد.وهناك عضلة بطنية أعمق وأصغر هى **العضدية الغرابية** تجرى من العظم الغرابى الى الجانب السفلى للعضد . كما ان هناك عضلات بطنية ذات فعل مقرب معاكس للعضلة ثلاثيـــة الرءوس هى **ذات الرأسين والعضدية** التى تمتد بطول العضد لتندغم على عظام الساعد بالقرب من رءوسها .

وتوجد هذه العضلات الاربع القريبــة فى صورة متشابهة تقريبـــا فى الزواحف والثدييات ولكن هناك عضلة خامسـة فى الزواحف تبدو لأول وهلة بأن ليس لها نظير فى الثدييات . تلك هى **العضلة الغرابية العليا** وهى عضلة لحمية كبيرة تجرى من الصفيحة الغرابية الى الجانب السفلى للعضد . وفى الوضع البدائى المسطح لرباعية القدم تبدو اهمية هــذه العضلة فى حفظ الجسم من الهبوط الى أسفل بين الأطراف . ولا توجد فى الثدييات عضلة فى هذا الموضع حيث لا يوجد صفيحة غرابية يمكنها ان تنشأ منها .

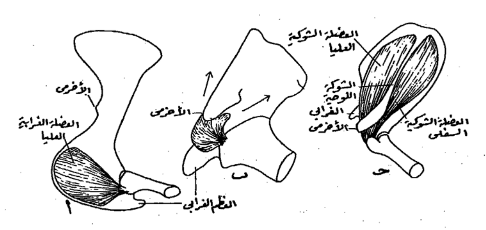
الا أن العضــــلة موجودة فى الحقيقة وظاهرة على شكل عضلتين **شوكية عليا وشوكية سفلى** على عظم اللوح ( شكل ١٨٦ ) والمفروض أن هذه المهاجرة العضلية الرئيسية مسئولة عن اختزال المنطقة الغرابية للحزام ، التى قدمت فى الأصل منشأ العضلة ، وعن تكوين الشوكة والحفرة الشوكية العليا لعظم اللوح فى الثدييات . وتشق عضلة الزواحف طريقها الى أعلى تحت العضلة الدالية ( كما يلاحظ متكررا فى جنين الثدييات ) وقد : ( أ ) حلت محل العظم اللوحى القديم كالشوكية السفلى ( وقصرت اصل الدالية على الشوكة ) ، و ( ب ) شغلت مكانا جديدا ( الحفرة الشوكية العليا ) مبنيـا لاستقبال العضلة الشوكية العليا امام الحافة الأمامية القديمة لعظم اللوح . ولتغيير وضع الأطراف فى الثدييات تتوقف الغرابيــة العليــا عن العمل فى موضعها القديم ، الا انهـــا تبقى على وظيفتهـــا كدعامة بدغم العضلتين




شكل ١٨٥

عضلات الساعد واليد فى السحلية ( أ ــ جـ ) والمتماوت ( د ــ و ) تخطيطية ومبسطة الى حد ما . أ ، د مناظر للسطح الباسط ، ب ، هـ تشريحات سطحية للناحية القابضة ، جـ ، و ، تشريحات عميقة للناحية القابضة . ومن أبرز التغيرات ، من الزواحف الى الثدييات ، على السطح الباسط اختزال العضلات القصيرة لليد وتكوين أوتار للأصابع من العضلة الباسطة العامة . وتكونت عضلات خاصة طويلة لتحريك الابهام والأصبع الخامس . ومن اهم المظاهر فى الزواحف على الناحية القابضة وجود صفاق غليظ ومعقد على راحة اليد يتصل به من الطرف القريب العضلات القابضة الطويلة ومجموعة من الأوتار والعضلات القصيرة للأصابع . ويختفى هذا فى الثدييات حيث تندغم العضلة الكفية الطويلة فى صفاق سطحى على الرسغ مقطوع من الشكل ، وتكون كل من العضلات القابضة العميقة الموجودة هنا وترا كفيا عريضا . وتوجد عضلات قصيرة مختلفة للأصابع فى مكان عميق من اليد ليست موضحة .

المتماثلتين فى الثدييات عند طرف العضد امام الأروح ، ويمثل حركة الرافعة الناتجة الى تحريك الطرف الى اسفل وللأمام ، أو على العكس ، الى سحب الجسم الى اعلى وللخلف على الذراع .



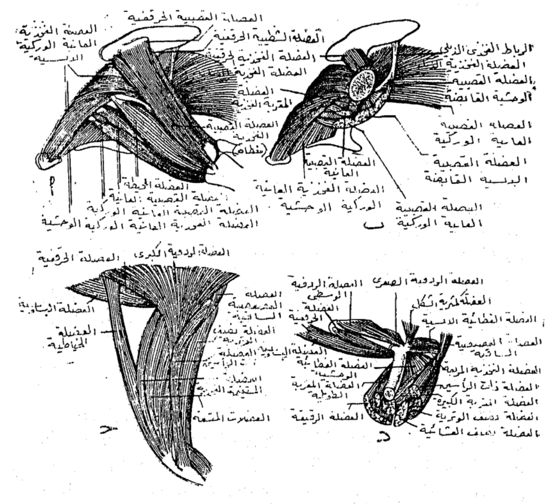

شكل ١٨٦

رسوم تخطيطية لمنطقة الكتف فى ا ــ سحلية ، ب ــ متماوت جنينى ، جـ ــ متماوت يافع ، تبين تغييرا كبيرا فى عضلات الكتف بين الزواحف والثدييات والتحورات الناتجة عن ذلك فى تركيب حزام الكتف . والعضلة الغرابيــة العليــا فى السحلية عضلة بطنيــة كبيرة تجرى من الصفيحــة الغرابية الى الساعد . وتوجد عضلة مشابهة فى جنين المتماوت ولكنها تميل فى المرحلة الموجودة فى الشكل الى ان تنشق وتنمو الى اعلى ( الأسهم ) على جانبى الأخرمى ، وقد اصبحت هذه الكتلة العضلية فى الثدييات عضلات شوكية عليا وشوكية سفلى ظهرية الموقع ، وقد تكون جزء جديد من اللوح لاستقبال العضلة الشوكية العليا بينما اختزل العظم الغرابى الى عقــدة صغيرة . ( ب ، عن شنج ) .

وفى الجزء البعيد من الطرف ، يكون الجهد المسير دفعة خلفية للساعد والأصابع بواسطة عضلات السطح البطنى المقرب القوية البنــاء . وتنتشر مجموعة من العضلات المقربة الطويلة الى الخارج للساعد ومنطقــة الرسغ بطريقة مشابهة للعضلات الباسطة المعاكسة تقريبا . الا ان انقباض الأصابع يكتسب صعوبة لان العضلات التى تؤدى هذه الوظيفة لا بد لها أن تمر بالمنحنى الموجود على الجانب السفلى للرسغ اذا كانت ستمتد مباشرة الى الأصابع . ويمكن تحاشى ذلك بتكوين صفاق وهو وسادة من نسيج ضام تحت الرسغ تتصل به العضلات المقربة الطويلة فى الجزء القريب وبعض عضــلات وأوتار

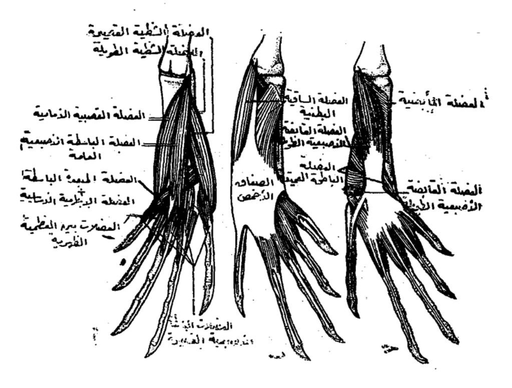
الأصابع القصيرة فى الجزء البعيد ( يبين شكل ١٨٩ تركيبا مشابها فى الرجل الخلفية ) وتتجزأ هذه الوسادة من النسيج فى الثدييات الى عدة صفائح وترية منبسطة بعضها فوق بعض .

**الطرف الحوضى : العضلات الظهرية** ( شكلى ١٨٧ ، ١٨٨ ؛ أ ، د ) .
يمكن مقارنة بعض العضلات الظهرية أو المجموعات العضلية فى الردف ومنطقة الفخذ فى رباعيات القدم الدنيا والثدييات . وللزواحف عضلة **فخذية عانية وركية انسية** قوية لحمية ( ما أغرب أسماء هذه



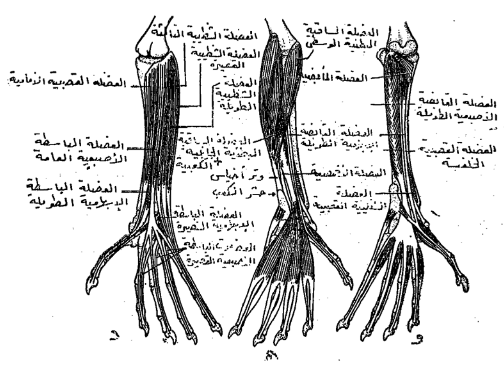
شكل ١٨٧

عضلات الطرف فى حوض وفخذ السحلية ( أ ، ب ) والتماوت (جـ ، د) مناظر جانبية . أ ، جـ مناظر سطحية ؛ ب ، د تشريحات تبين الطبقات العميقة من العضلات .




شكل ١٨٨

عضلات الرجل السفلى والقدم فى السحلية ( أ ـ جـ ) والتماوت ( د ـ و ) تخطيطية ومبسطة الى حد ما . أ ، د مناظر للسطح الباسط ، ب ، هـ مناظر سطحية جـ ، وتشريحات عميقة للناحية القابضة . ويقارن السطح الباسط للرجل الخلفية للسحلية بالسطح الباسط للساعد واليد باستثناء قلة تكوين العضلات الفردية على الجانب الداخلى ( القصبى = الزندى ) . وفى التحول للثدييات فان التحورات تشبه التحورات التى تشاهد فى الرجل الأمامية بما فيها تكوين أوتار الاصابع من العضلة الباسطة العامة وتكوين عضلات طويلة تعمل على الاصبعين الأول والخامس . وتشبه الناحية القابضة للرجل الخلفية للسحلية مثيلتها فى الأمامية فى كثير من الوجوه بما فيها تكوين صفاق غليظ للأخمص ( الكعب ) فى الزواحف ، يتصل به كثير من العضلات فى الجزء القريب والبعيد . الا انها تختلف عنها فى عدم وجود العضلات القابضة التى تجرى على الجانبين وتكوين عضلة قوية لبطن الساق ذات رأسين تسمى العضلة الساقية البطنية . أما فى الثدييات فقد تحولت عضلات بطن الساق ( باستثناء الأخمصية ) الى اتصال جديد على « عظم الكعب » . الا ان العضلة القابضة الطويلة للأصابع تجرى حتى صفاق الأخمص المختزل . ويمتد من هذا ، كما فى الزواحف أوتار بعيدة وعضلات أصابع ( ازيلت العضلات السطحية لهذه المجموعة فى و ،




تابع شكل ١٨٨

لتبين العضلات والأوتار العميقة ) . ويوجد على السطح القابض فى كل من الزواحف والثدييات عضلات اصبعية عميقة وقصيرة غير مبينة فى الأشكال.

العضلات ) تنشأمن المطقة القطنية والسطح الداخلى للحزام وتندغم فوق عظم الفخذ قريبا من راسه ، وتتكون هذه العضلة فى الثدييات باسم **العضلات الحرقفية والبسواسية** ، وتتجمع فى كثير من الأحيان فى كل من الزواحف والثدييات مجموعة من العضلات تسمى الفخذية **رباعية الرءوس** تجرى على عظم الفخذ لتندغم بوتر غليظ مشترك على راس لقصبة ، وتمتد على الرجل بنفس طريقة العضلة ثلاثية الرءوس فى الذراع . والعضلات المتسعة هى رؤوس لهذا المعقد تنشأ من الفخذ ، فى حين تسمى الرؤوس الناشئة من الحزام باسماء مختلفة فى الحالتين ، فبينما من المحتمل ان راس الحرقفة فى الزواحف والمسماة القصبية الحرقفية هى نفسها المستقيمة الفخذية فى الثدييات فانه بعيدا عن المؤكد ان العضلة المحيطة فى الزواحف هى نفسها الخياطية او « عضلة الخياط » فى الثدييات .

وهناك عضلتان ظهريتان تنشآن من حرقفة الزواحف لا يمكن ايضا مقارنتهما بعضلات الثدييات الناشئة فى هذه المنطقة . وقد لاحظنا انه يوجد فى الثدييات تغير كبير فى وضع الفخذ ، ونتيجة لذلك فانه من المعقول أن

نتوقع تغييرات فى العضلات المتصلة . وفى الزواحف تجرى عضلة فخذية حرقفية من عظم الحرقفة مباشرة للخارج الى الفخذ ؛ وفى الثدييات تقع مجموعة من العضلات الردفية القوية فى نفس المكان تقريبا ، ولكنها تختلف الى حد ما فى مسارها وفى وظيفتها فى تحريك الطرف وخاصة الردفية العميقة التى تبذل فعلا قويا على الفخذ فى سحب الركبة الى الوراء أو ( على العكس ) فى دفع الجسم الى أعلى وللأمام على الرجل . وتوجد فى الزواحف **عضلة شظيية حرقفية** تجرى ( كما يدل الاسم ) من الحرقفة الى الشظية . ولا يوجد مثل هذه العضلة فى الثدييات ، ومن المحتمل انها ممثلة بعضلة طويلة من المجموعة الردفية .

وفوق الركبة تبين العضلات الباسطة للطرف الحوضى ترتيبا واحدا فى كل من الزواحف والثدييات يمكن مقارنته جوهريا بترتيب الطرف الصدرى.

**العضلات البطنية** ( شكلى ١٨٧ ، ١٨٨ ، ب ، جـ ، هـ ، و ) . تقوم العضلات البطنية للردف ومنطقة الفخذ اساسا بتقريب الفخذ وثنى مفصل الركبة ، أى فى اثناء الحركة تقوم برفع الجسم عن الأرض وتدفعه الى الأمام. ولذلك فهى عضلات كبيرة وهامة ومعقدة . وهى مرتبة فى ثلاث مجموعات رئيسية :

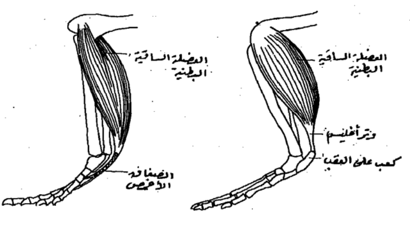
١ ــ عضلة كبيرة عميقة تنشأ لحميا من معظم السطح الخارجى **للعانة** والورك ( يرتبط وجود ثقوب فى هذه العناصر باتصال هذه العضلة ) . وتأخذ هـــذه العضلة فى الزواحف اسما فخما هو **العضلة الفخذية العانية الوركية الوحشية** . وتسمى فى الثدييات **الغطائية الوحشية** مع وجود **الفخذية المربعية** كجزء منسلخ .

٢ ــ يغطى السطح السفلى للفخذ مجموعة كبيرة ومعقدة من العضلات الطويلة التى تثنى القصبة وتسمى هذه فى الزواحف : **القصبية العانية الوركية** و **القصبية القابضة الوحشية** و **القصبية القابضة الانسية** و **القصبية العانية** ( اسماء اكثر لطفا ) ويبدو ان نظيراتها فى الثدييات هى **الرقيقة** و **نصف الغشائية** و **نصف الوترية** و **ذات الراسين** .

٣ ــ فى الزواحف النموذجية تنشأ العضلات البطنية القوية للأطراف،وهما **الفخذيتان الذيليتان** ( الطويلة والقصيرة ) ، من فقرات الذيل ، وتجرى

للأمام لتندغم بواسطة أوتار على الفخذ الذى يعطيانه سحبا خلفيا قويا وبالتالى مساهمة فى الحركة الأمامية . الا أنه فى الثدييات باختزال الذنب وتغيير وضع الأطراف تختزل هذه المجموعة من العضلات الى شرائح صغيرة متباينة مثل **العضلة كمثرية الشكل** .

وتتركز العضلات البطنية الطويلة لبطن الرجل غالبا فى **عضلة ساقية بطنية** قوية فى كل رباعيات القدم . وكما هى الحال فى العضلات القابضة للرجل الأمامية فان مشكلة « استدارة اللفة » عند العقب « الكعب » مشكلة تركيبية كبيرة . وقد تغلبت الزواحف عامة على ذلك ، كما فى حالة القدم




شكل ٨٩

مناظر جانبية للرجل الخلفية لسحلية ( الى اليسار ) وحيوان ثديى نموذجى ( الى اليمين ) تبين الفرق فى عمل عضلة بطن الساق الرئيسية ، او العضلة الساقية البطنية ، فى بسط القدم . وفى رباعيات القدم الدنيا تحيط هذه العضلة بمنطقة الكعب لتعمل على السطح السفلى للقدم بالاتصال بصفيحة من النسيج الضام هى صفاق الأخمص ، الذى يتصل بدوره بالأصابع ( راجع شكل ١٨٨ ، ب ) . وعملها مبسط فى الثدييات بتكوين كعب على العظم العقبى ( راجع شكل ١٨٨ هـ ) ويعمل اتصال وتر العضلة هنا على رفع القدم عن الأرض .

الأمامية ، بتكوين صفاق . أما فى الثدييات فقد نشأ نوع جديد من تدبير رفع الأقدام بواسطة الفعل الرافع لعضلات بطن الرجل المندغمة فى عقدة كعب العقب . ولا تمتد الرءوس الكبيرة للعضلة الساقية البطنية الى جانب القدم ولكنها تندغم بواسطة وتر اخيلس على هذه العقدة ( شكل ١٨٩ ) .

## العضلات الخيشومية

تختلف العضلات الخيشومية اختلافا ملحوظا عن العضلات المخططة التى درست حتى الآن ، وهى راقية التكوين فى المنطقة الخيشومية لسلف الفقاريات وتبقى واضحة فى شكل متحور حتى فى أرقى المجموعات . وقد ذكر فى مكان آخر أن هيكل وأعصاب البلعوم ذات طبيعة مميزة جدا . وكذلك العضلات الخيشومية تستحق الملاحظة بصورة متكافئة . فهى — على النقيض من كل العضلات المخططة الأخرى — لاتنشأ من القطع العضلية وانما من ميزنشيم مشتق من بريتون الصفيحة الجانبية ( شكل ٦٧ ، جـ ) . وتنشأ العضلات الملساء للقناة الهضمية الاصيلة خلف البلعوم بطريقة مماثلة .

وتعتبر عضلات القناة الهضمية ، مخططة أو ملساء ، أجزاء أمامية وخلفية لجهاز حشوى واحد كبير من العضلات موضعه الابتدائى فى جدار القناة الهضمية . وتكفى الحركة البطيئة للعضلات الملساء بالنسبة لعمليات الهضم فى المعدة والأمعاء . اما بالنسبة للحركات المطلوبة فى بلعوم الفقاريات البدائية — للتنفس وأكثر بدائيا للاجهاد او التوتر الغذائى — فانها تتطلب عضلات مخططة . وبوجه عام فان الحد — على امتداد القناة الهضمية — بين العضلات المخططة والملساء يقع عند الطرف الخلفى للبلعوم . الا أن هذه ليست نقطة محددة ، ففى كل من الأسماك من جهة والثدييات من جهة أخرى قد تمتد العضلات الحشوية المخططة للوراء الى المرىء . وفى الفقاريات العليا يحتزل البلعوم فى الحجم والأهمية الا ان العضلات البلعومية المخططة تبقى واضحة حيث تأخذ اجزاء منها طبيعات مختلفة كعضلات الوجه والفك وحتى جزء من عضلات الكتف .

والعضلات الخيشومية حسنة التكوين فى دائريات الفم حيث تبدو كصفائح من العضلات تحصر بينها الجيوب الخيشومية وكعضلات متخصصة تشغل « اللسان » العجيب . الا أن بناء عضلات الجلكى لا يشبه أبدا مثيله فى مجموعات الفقاريات الأخرى ، ولن يؤخذ فى الاعتبار هنا أكثر من ذلك .

وفى القرش ( شكل ١٩١ ، أ ) توضح العضلات الخيشومية نظاما يمكن اعتباره اساسا لنظامها فى الفكيات الأخرى . الا أن العناصر الأمامية تتخصص لتشغيل الفكوك . ومن ثم فسوف نتتبع تاريخ العضلات المتصلة بالاقواس الخيشومية النموذجية من القرش فما فوق خلال الفقاريات العليا قبل الرجوع الى دراسة العضلات الامامية أكثر فى منطقتى الأقواس اللامية والفكية للأسماك .

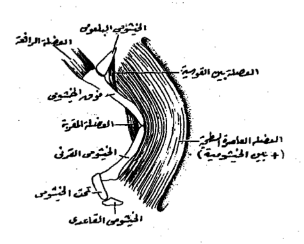
**عضلات العوارض الخيشومية النموذجية ومشتقاتها** ( شكلى ١٩٠، ١٩١ أ ) : يوجد خلف القوس اللامية بشكل نموذجى ، فى الأسماك ، خمس فتحات خيشومية تتخللها اربع أقواس لكل منها عضلاتها الاصيلة الخاصة بها وغوارضها الهيكلية . وحتى ، فى الفقـــاريات البرية ، عنـــدما تختفى الخياشيم نفسها كعلامات واضحة فانه يمكن تتبع العضلات المشتقـة من الاجزاء المختلفة للجهاز الخيشومى بواسطة امـــدادها العصبى . وتمـــد عضلات الخياشيم بمجموعة خاصة من الأعصاب المخية هى أرقام ٥ ، ٧، ٩، ١٠ ( شكل ٣٧٥ ) . وتمد القوس الفكية بالعصب الخامس والقوس اللامية بالعصب السابع ، أما العارضة الخيشومية الأولى فهى فى منطقة العصب التاسع وبقية العوارض الخيشومية تمدها فروع خاصة من العصب العاشر ( تمتد للأمام على القناة الهضمية ) .

وبالرغم من وجود التحام للأنسجة العضلية فى معظم الأحيـــان أعلى واسفل الفتحات الخيشومية فان لكل خيشوم نموذجى فى الفرش مجموعـة مميزة من الشرائح العضلية الأصيلة . وابرز هذه العناصر هى العـــاصرة السطحية ، وهى صفيحة عريضة رقيقة تجرى اليافها عامة عموديا فى حاشية الجلد الممتدة للخارج فى الحاجز الخيشومى . والى اعلى واســـفل تنتهى معظم الألياف العاصرة فى صفائح من الصفاق على الظهـــر والحلق ، الا أن الشرائح العميقة قد تتصل بالعوارض الخيشومية وربما تكون عضلات بين خيشومية منفصلة .

وبالاضافة الى ذلك توجد عضلات أعمق . فتجرى مقربات الأقواس من فوق الخيشومية الى الخيشومية القرنية وتميل الى ثنى الاثنتين معـــا ، وتعمل العضلات بين القوسية الظهرية بنفس الطريقة فيما يتصل بالخيشومية البلعومية وفوق الخيشوميـــة لنفس الاقواس او للأقواس المجاورة . وفى الناحية الظهرية تجرى ألياف من صفاق العنق للوراء والى أسفل لتنـــدغم على العوارض الخيشومية المتتابعة كرافعات للقوس ، الا انه فى كـــثير من أسماك القرش تجرى معظم او كل هذه الألياف اكثر الى الوراء لتندغم على حزام الكتف .

وتكوين العضلات الخيشومية اكثر قصورا فى الأسماك العمية . وما دامت الحواجز الخيشومية مفقودة ، فان العاصرات السطحية تكون غائبة رغم امكان بقاء الشرائح البطنية كعضلات تحت قوسية ، والعضلات الرافعة

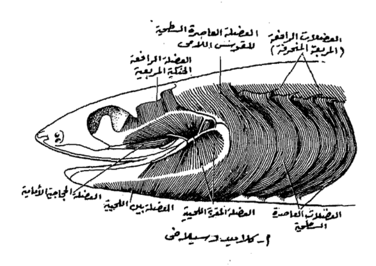
مفقودة فى الأسماك العظمية ؛ وحتى العضلات الصغيرة المتبقية تكون مختزلة أو غائبة .

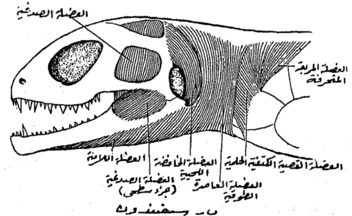



شكل ١٩٠

قوس خيشومية مفردة وعضلاتها فى القرش .

ومن بين رباعيات القدم تستبقى يرقات البرمائيات الخيشوميةالتنفس مجموعة من العضلات الخيشومية تشبه تلك الخاصة بالأسماك العظمية ، الا أنه فى الفقاريات البرية الحقيقيــة تختفى العضلات المحركة للعــوارض الخيشومية النموذجية الا من شرائح صغيرة تتصل بالجهاز اللامىوالحنجرة. ومع ذلك يوجد أثر واحد واضح ( وان كان شاذا ) من مجموعة الخياشــيم فى رباعيات القدم ــ هوالعضلاتالمربعةالمنحرفة (شكل ١٩١ ، ب ) . وهذه العضلة مشتقة من العضلات الرافعة التى ذكرنا أنها تميل فى القرش الى أن تجرى الى الوراء فوق الخياشيم لتتصل بحزام الكتف . وتتكون فى هــذه الفقاريات البرية صفيحة عضلية رقيقة تنشأ من مؤخر الراس وصفــاق الظهر وتندغم على امتداد الحافة الأماميةلحزام الكتف. وتكون هذهالصفيحة المربعة المنحرفة مبدئيا متصلة بالترقوة والكاثيوم ، الا أنه باختزال أو فقد هذه العناصر قد يكون الاتصال على الحافة اللوحية الأمامية ( أو الشوكة المتناظرة فى الثدييات ) ، وقد يصل الى القص فى الناحية البطنية ، وقــد تصبح الشرائح الأمامية والبطنية عضلات منفصلة مثل القصية الحلميــة والكتفية الحلمية ، وباختزال الترقوة فى كثير من الثدييات قد تلتحم بشرائح من العضلة الدالية لتكون عضلات مركبة طويلة رقيقة تمتد مباشرة من الرأس الى الطرف الأمامى .




شكل ١٩١

مناظر جانبية لعضلات القوس الخيشومية ومشتقاتها فى القرش ، والسفينودن من الزواحف . ( أ عن أليس ، ب عن آدمز وفيربرنجر )

**عضلات القوس اللامية :** كانت عضلات القوس اللاميـــة بالتخمين فى الاسلاف من الأسماك اللافكية ، شبيهة بتلك الخاصة بالاقواس الخيشومية النموذجية ولكن فى كل الفقاريات الفكية الحية أصبحت هذه القوس كما رأينا عالية التحور ، كما تحورت عضلاتها التى يمكن تمييزها من خلال امدادها بالعصب السـابع كذلك . وحتى فى أسماك القرش فان العضلة الوحيدة الباقيـة من القوس هى العاصرة السطحية . وقد تكون هذه العضلة مختلفة التجزؤ فى الأسماك بواسطة شرائح عميقة تصل عناصر القوس اللامية بعضها ببعض

وبمفصل الفك . وقد تبقى بعض هذه الشرائح كعناصر دقيقة فى المنطقة اللامية ومنطقة الاذن فى رباعيات القدم ، وهناك لشريحتين منهما ، كما سنذكر فيما يلى ، أهمية فى الحيوانات البرية تتصل بفتح الفم .

وعلى عكس الاتجاه لاختزال كثير من عضلات القوس اللامية فان الجزء الظهرى للصفيحة العاصرة اللامية يبقى ظاهرا . وهذه العاصرة راقية التكوين فى الأسماك العظمية لضبط حركات الغطاء العظمى المغطى للغرفة الخيشومية . وبفقد هذا الغطاء فى الفقاريات البرية تنتشر هذه العضلة حول العنق فى صفيحة رقيقة تلتصق بالجلد عموما تعرف بالطوقية العاصرة ( شكل ١٩١ ، ب ) . وفى الثدييات تتسع بطريقة تستحق المشاهدة لتكون عضلات العصر التى ستناقش فيما بعد .

ويبدو أن ميكانيكية فتح الفم لم تؤخذ بجدية ( على حد القول ) فى الفقاريات ( حيث تميل فتحات الفم اكثر الى أن تفتح بنفسها ) ، كما تشاهد تدابير مؤقتة مختلفة فى المجموعات المختلفة . وقد ذكر مبكرا فى هذا الفصل ان العضلات المحورية البطنية تجرى للأمام على امتداد الحلق ، وقد تتصل بالأجزاء البطنية للعوارض الخيشومية والفكوك ، ويستخدم السحب الخلفى لهذه العضلات أحيانا فى الأسماك لفتح الفكين . وفى معظم رباعيات القدم ما عدا الثدييات توجد قابضة لحيية معوضة (شكل ١٩١ ، ب ) وهى شريحة امامية للعاصرة اللامية تجرى الى أسفل من مؤخر الجمجمة خلف المتنفس الوحيد ( منطقة طبلة الأذن الآن ) لتتصل بالطرف الخلفى للفك السفلى .

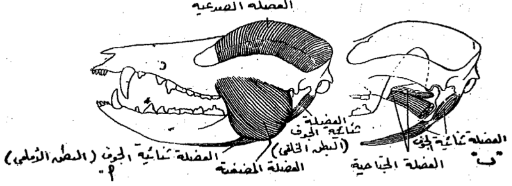
وفى الثدييات ، كما رأينا ، يتغير شكل الفك السفلى ، فتفقد العناصر المحيطة بمنطقة اتصال العضلة القابضة وما معها من عضلات . وعوضا عنها تبرز شريحة اخرى من العضلة اللامية لتسهم فى تكوين فاتحة فكية جديدة هى الثنائية الجوف ( شكل ١٩٢ ، ب ) ، وكما يتبين من الاسم فان لهذه العضلة انتفاخين : الانتفاخ الخلفى عبارة عن شريحة لامية تجرى الى أسفل من المنطقة الأذنية للجمجمة ، اما الانتفاخ الأمامى فيتكون من الياف مشتقة من العضلات الأصيلة للفكوك . وقد يكون الاثنان بعضهما مع بعض زاوية حادة ، ويؤدى بينهما بنجاح العمل غير الشاق لقبض الفك .

**عضلات الفك** : ( شكلى ١٩١ ، ١٩٢ ) يتحور عناصر القوس الخيشومية الأمامية فى الفكيات لتكوين تراكيب فكية أساسية تصبح عضلات هذه القوس

( التى يمدها العصب الخامس ) عالية التخور لتساعد وظائف فكية خاصة .
وكما يشاهد فى سمك القرش تتكون عضلات الفك من ثلاثة اجزاء :

١ ــ يتصل الفك العلوى فى القرش اتصالا سائبا بالعلبة المخية ، وتربط هذين العنصرين الهيكليين ، بين منطقتى العين والمتنفس ، رافعة حنكيــة مربعية أكثر شبها بالعضلات الرافعة للأقواس الخيشومية العادية .

٢ ــ الكتلة العضلية الكبيرة للجزء الفكى فى السمكة هى المقربة اللحببة




شكل ١٩٢

العضلات الفلكية فى المتماوت . أ ــ مناظر سطحية ، ب ــ تشريحات عميقة ، ويلاحظ ان الفك موضع شفاف ليبين العضلات الجناحية المتصلة بسطحه الداخلى .

وتشبه تقريبا العضلة المقربة لخيشوم عادى ، الا أن حجمها كبير جدا حيث تقوم بوظيفة هامة فى ضغط الفكين معا فى حركات القضم والطحن الضرورية لتناول الطعام . وتترتب الكتلة الرئيسية للعضلة المقربةالفكية بطريقــة بسيطة حيث تجــرى بين الغضروف الحنكى المــربعى والغضروف اللحيى ، ( تجرى شريحة عضلية متخصصة أمام الحجاج فى القرش للأمام لتساعد فى اتصال الفكين معا مع العلبة المخية ) .

٣ ــ عضلة بين لحيية بطنية غير هامة ، وهى صفيحة رقيقة من الألياف تربط ذراعى الفك وتحتوى على الياف من مكونات العضلة اللامية والفكية .

وفى الفقاريات العليا يشكل المكونان الاول والثالث كمية ضئيلة . وقد تبقى الرافعة كشريحة أو اكثر فى النماذج التى يبقى فيها الحنك والعلبة المخية

على درجة من الحركة المستقلة ، ولكنها ضامرة او مفقـــودة فى المجموعات التى تكون الجمجمة فيها تركيب صلب التلاحم كما فى الحمـراء والأسماك الرئوية والبرمائيات الحديثة والسلاحف والتماسيح والثدييات ، وتبـــقى الصفيحة البطنية الموجودة بين الفكين كعضلة عضلية لامية ، وقد تسهم — كما ذكرنا من قبل — فى تكوين العضلة ثنائية الجوف فى الثدييات .

وتبقى المقربة اللحيية ومشتقاتها ظاهرة فى كل الفكيات . وفى الاسماك العظمية ورباعيات القـــدم تغطى المنطقـــة الخدية التى تقع فيها بالعظام الجلدية الجمجمة ، وبالنسبة لمساحة منشئها لا تقتصر العضلة المقربة ( كما فى القرش ) على غضروف الفك العلوى أو ما يحل محله من عظام ؛ ولكنهـــا تنتشر على هذه العظام الجلدية ، وقد تمتد الى اعلى وللداخل لتتصل بالعلبة المخية كذلك. وفى رباعيـات القدم الدنيا تنقسم العضـــلات المقربة الى مجموعتين رئيسيتين .

١ — صدغية .

٢ — جناحية .

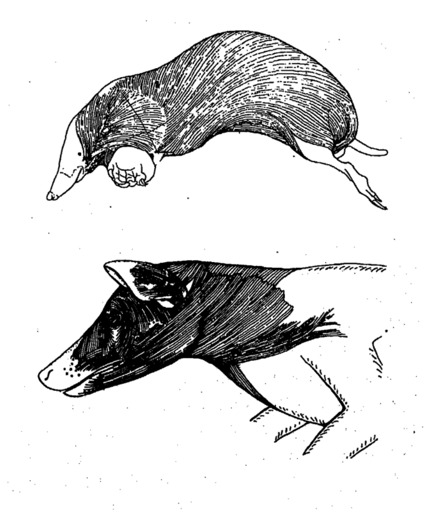
**والعضلات الصدغية** هى القسم الاكبر . وفى الزهليات ، كما تبين فى الحديث عن جمجمة الزواحف ، يسمح وجود الثقـوب فى سقف الجمجمة بحرية اكبر فى العمل للعضلات الصدغية . وتنقسم الصدغية الاصليـة فى الثدييات الى جزءين . **الصدغية الاصلية** ولها نفس الموضـع الاصلى للعضلة وتندغم فى النتوء الاكليلى للفك السفلى . وعضلة ثانية هى **المضغية** وهى اكثر سطحية فى موضعها . وبجريان اليافها بزاوية كبيرة مـع اليـاف العضلة الصدغية فانها تسحب الفك للأمام وكذلك لاعلى . وهى راقية التـــكوين بصفة خاصة فى القوارض . وتكون العضلة الجناحية الصغيرة جزءا عميقـا من الكتلة المقربة . وهى تنشا نموذجيا من المنطقة الجناحية للحنك وتندغم على السطح الداخلى او الخلفى للفك .

## عضلات الجلد

على الرغم من ان الجلد فى رباعيات القدم ( بعكس الأسماك ) يقع عادة بشكل مفكك نسبيا على سطح عضلات الجذع ، فغالبا ما توجد متصـــلة

بسطحه السفلى صفائح أو شرائط رقيقة من العضلات مشتقة من الطبقات التى تحته وتعمل على حركة الجلد . مثل هذه العضلات الجلدية قليلة التكون فى البرمائيات والزواحف فيما عدا شرائح مشتقة من العضلات الصدرية . الا أنه فى حالة الثعابين تتصل عضلة جلدية بكل قشرة من القشـــور الكبيرة وتساعدها فى العمل كدعائم لتمنع الانزلاق الخلفى فى أثناء الحركة التموجية . وفى الطيور تظهر العضلات الجلدية واضحة فى جلد الجناحين .

ويوجد أعظم تكوين للعضلات الجلدية فى الثـــديبات ، وفى كثير من



شكل ١٩٣
العضلات الجلدية المغلقة لجسم الخلد أو الفار الاعمى ( عن نيشى )
شكل ١٩٤
العضلات الوجهية ، رأس وعنق الكلب ( عن هوبر )

النماذج نجد أن كلا من الجذع والعنق مغلفان فى غلاف متصل من عضلات الجلد هو السفط البدنى ، واختلاج جلد الحصان فى مكان استقرار ذبابة دليل على وجود وعمل هذه الصفيحة العضلية . وغلاف السفط للجذع مشتق من عضلات محورية تحته ، الا أن العضلة الطوقية العاصرة فى العنق، كما سبق أن ذكرنا ، جزء من العضلات الحشوية يمدها العصب الوجهى ( السابع ) . ويتكون هذا الجزء الأمامى من العضلات الجلدية فى الثدييات تكوينا مدهشا .

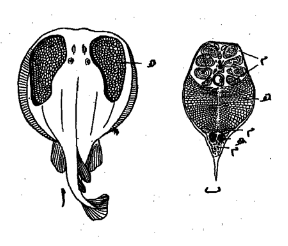
وتنمو شرائح من العضلات المتصلة بالعصب الوجهى للأمام فوق الجمجمة ثم تمتد الى الخدود لتكون العضلات الوجهية أو عضلات التعبير ( شكل ١٩٤ ) وهى مركزة بصفة خاصة حول الحجاجين والأذن الخارجية والشفتين .

## الأعضاء الكهربية

فى أنواع عديدة من الأسماك ـ مثل الشفانين البحرية من جنس الرعاد ، « وثعبان السمك » الكهربى « جيمنوتس » ، والسلور الرعاد «مالابترورس» تنمو أعضاء خاصة قادرة على احداث صدمة كهربية قوية . وتوجد أعضاء كهربية أضعف فى عدد من الأسماك الأخرى ، وفى بعض الحالات يبدو واضحا أنها تستعمل كعون فى الملاحة بنفس طريقة الرادار . وجملة هذه الأعضاء الكهربية ، على الأقل ( شكل ١٩٥ ) عبارة عن أنسجة عضلية متحورة . والألياف العضلية عبارة عن تراكيب متلائمة كيماويا ، كما رأينا ، للاطلاق السريع للطاقة ، وفى الحالة الراهنة تستخدم الطاقة فى انتاج الكهرباء أكثر منها فى انقباض العضلات .

وتتكون الألياف العضلية المتحورة ـ التى يبدو أنها تكون عناصر الأعضاء الكهربية فى معظم هذه الأسماك ـ كصفائح مفلطحة من بروتوبلازم متعدد النوى تمد كل منها ليفة عصبية ، وهى مرتبة فى مجموعات من الركائز تشبه الأرصفة الكهربية عتيقة الطراز الشهيرة فى تاريخ اكتشاف الكهرباء . وتكون هذه الصفائح فى جوهرها بطارية عضوية يظهر مفعولها بالفروق الموجبة والسالبة بين سطحى كل صفيحة . وقد سجلت فى الرعاد قوى تصل الى أكثر من ٢٠ فولت ، ٢٠٠٠ وات .

ورغم التشابه الأساسي العادى لبناء الأعضاء الكهربية فانها تختلف كثيرا فى موضعها ومظهرها فى أنواع الأسماك المختلفة . فهى موجودة فى الرعاد على شكل مجموعتين كبيرتين على جانبى الرأس فى الزعانف الصـــدرية المتسعة . أما عضو ثعبان السمك الكهربى فيتكون من كثير من عضلات الذيل وفى سلور النيل الرعاد يطوق النسيج الكهربائى كل الجسم تحت الجـلد مباشرة ، وفى هذه الحالة يكون منشؤه من نسيج عضلى غير مؤكد .




شكل ١٩٥

الأعضاء الكهربائية . أ ــ الرعاد ، شفنين البحر تحولت فيه عضلات الزعانف الصدرية المتسعة الى خلايا كهربائية . وقد شرح وازيل الجلـد لتوضيح الأعضاء الكهربائية .

ب ــ مقطع فىذيل الثعبان الرعادالكهربائى فىجنوب أمريكا«جيمنوتس» حيث توجد عضلات محورية نموذجية ( م ) أعلا وأســفل ، الا أن معظـم عضلات الذيل قد تحولت الى نسيج محدث للكهرباء ( هـ ) .

( أ ، عن جارتن ، ب ــ عن دى بواريموند )

الفصل العاشر

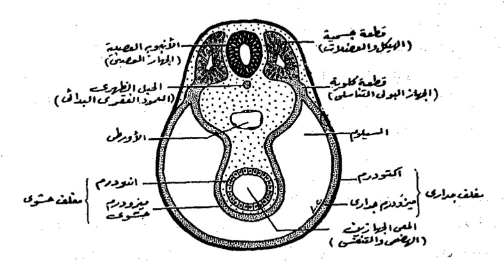
# تجاويف الجسم

ان اغلب أعضاء الجسم فى الفقاريات ـ كما هى الحال فى كل اللافقاريات الاكثر تقدما فى التركيب ـ لا توجد مغمورة داخل أنسجة صلبة او ميزنكيم ولكنها توجد داخل نطاق تجاويف جسمية ممتلئة بسائل . وهذه التجاويف هى فى الحقيقة تجاويف سيلومية . ونتيجة لهذا توجد الأحشاء فى وضع يمكنها من حرية الحركة فى أثناء نشاطها الوظيفى كما يمكنها من التغير فى الحجم والشكل فى أثناء النمو . وقبل أن نسير قدما فى وصف الاعضاء التى تضمها أو تحيط بها هذه التجاويف سوف نعطى هنا ملخصا صغيرا عن هذا الترتيب .

**تكوين السيلوم** : تتكون التجاويف السيلومية فى الانسجة الميزودرمية كما تتكون بطانتها من طلائية ميزودرمية هى الغشاء البريتونى . وقد اشير الى بعض من تركيبها الجنينى المبكر فى الفصل الخامس . وتتكون هذه التجاويف فى السهيم من الميزودرم بطريقة عقلية وتكون فى البداية على اتصال مباشر بتجويف المعى ( شكلى ٦٥ ، ٦٦ ) . ومن المحتمل أن تكون هذه الحالة بدائية ولكنها ليست هى القاعدة فى الفقاريات الحقيقية ، فقد تتكون تجاويف سيلومية مؤقتة فى العقل الجسمية والانسجة المكونة للكلى ، ولكن التجاويف السيلومية الدائمة تنشأ فى الصفيحة الجانبية للميزودرم فقط ، وهى التى لا يظهر فيها عادة التركيب العقلى . ففى الأنواع التى تنشأ من بيض من النوع المتوسط المح تمتد الصفيحة الجانبية فى مرحلة مبكرة الى أسفل على جانبى الجسم ، وتتقابل الصفيحتان فى الحال او تتقاربان لتتقابلا فى الخط البطنى المتوسط ( شكل ٦٧ ) اما فى الأنواع كثيرة المح فتمتد فى بادىء الأمر الصفيحتان الجانبيتان كثيرا على الجانبين ( شكل ٦٢ ) ، ولا يتقابل هذان الشريطان فى الجهة البطنية الا فى حالة متأخرة نسبيا عن النمو ، وتكون كل صفيحة جانبية فى البداية شريطا مصمتا من الانسجة . وسرعان ما ينشق هذا الشريط بعد ذلك الى طبقتين داخلية وخارجية يفصلهما تجويف يملؤه سائل ، وهذا هو السيلوم الجنينى الذى يستمر على كلا الجانبين بطول الجذع ، وجداره الخارجى والداخلى ( علاوة على اعطائهما انسجة ضامة ومواد اخرى ) مخصصان لتكوين الغشائين

الجدارية والحشوية للغشاء البريتونى ( شكل ١٩٦ ) . ويكون البريتـــون الجدارى السطح الداخلى للأنبـوبة الخارجيـة العظمى للجسم ( المغلف الجدارى للجنين ) ، ويكون البريتون الحشوى الجدار الخارجى للأنبـــوبة المعوية وما ينمو منها ( المغلف الحشوى ) .

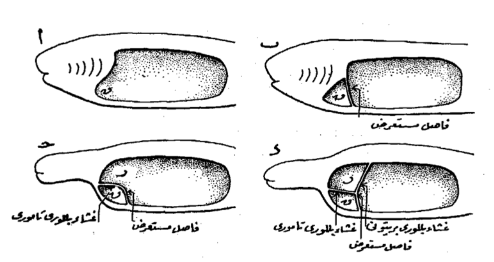
وبتقارب تجاويف الجسم يتقدم النمو أعلى وأسفل القناة الهضمية




شكل ١٩٦ ــ شكل توضيحى لقطـاع عرضى فى جنين الثدييات لايضـــاح علاقات الميزودرم ( عن آرى ) .

( شكل ٢ ب ، ٢ د ، شكل ٢٠٠ ب ) ، ولا يفصلها بعضها عن بعض سوى اشرطة رقيقة من الأنسجة تتعلق بها الأعضاء البطنية ، وهما : المساريقا الظهرية من أعلى ، والمساريقا البطنية من أسفل . والمساريقا الظهرية تركيب دائم أما المساريقا البطنية فيختفى الجزء الأكبر من امتدادها غالبا فى الوقت الذى يصل فيه الحيوان الى الطور البالغ . ويمتد التجويف السيلومى على كل جانب ــ وعلى الأقل فى الحالة الجنينية ــ كثيرا الى الأمام من الناحيــة البطنية ( شكل ١٩٧ أ ) حتى يصل الى قاع البلعوم ( وتكوين الجيـــوب الخيشومية يمنع تكوينه الظهرى فى هذه المنطقة ) ، وعلى العموم فان التجاويف السيلومية تكون منفصلة تماما عن التجاويف الأخرى أو الخارج . وتفتح أقماع القنوات المبيضية مع ذلك فى هـــذه التجاويف ، وفى بعض الفقاريات الدنيا تفتح فى السيلوم بعض قنيات الكلى الأمامية كما يوجد ثقبان صغيران يفتحان على السطح الخارجى من السيلوم فى معظم الأسماك باستثناء الأسماك كاملة التعظم .

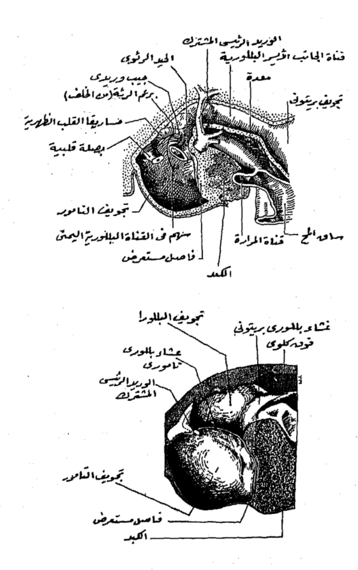
والتركيب السيلومى للجنين المبكر بسيط ويمكن تفهمه بسهولة . أما ذلك الخاص بالحيوان اليافع فلا يسهل فهمه لأنه معقد . ويرجع ذلك التعقيد الى عوامل ثلاثة : ( ١ ) توغل أعضاء أخرى غير القناة الهضمية داخل التجاويف السيلومية مثل القلب والمناسل والكلى والرئات . ( ٢ ) الانقسام الطولى الى




شكل ١٩٧ ــ أشكال توضيحية لقطاعات طولية فى الجسم توضح تطور تجويف الجسم . أ ــ حالة بدائيـــة حيث يكون كل السيلوم تجويفا واحـــدا . ب ــ حالة الأسماك المثالية حيث تنفصـــل غرفة التامور عن التجـــويف الأصلى . جـ ــ الحالة المثالية للبرمائيات والزواحف حيث تكونت الرئات ولكن التجاويف التى تقع داخلها هذه الرئات لا تنفصل عن التجويف الأصلى . د ــ حالة الثدييات وقد تكون الحجاب الحاجز . ق : القلب . ر : الرئتين .

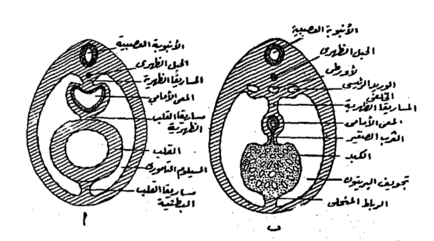
حجرات ( شكل ١٩٧ ) ــ وتكون فى معظم الحالات تجويف حـــول القلب وتجويف الجسم العام الذى ينقسم انقسامات ثانوية أخرى فى الثـــدييات والطيور . ( ٣ ) تعقد المعى والتواؤها ونمو الزوائد المعوية كالكبد والبنكرياس وما ينتج عن ذلك فى المساريقا من ثنيات معقدة .

**تجويف التامور** : يقع القلب فى جميع الفقاريات فى مقدمة المنطقـــة الأمامية والبطنيـــة للسيلوم الجنينى وفى قاع « الزور » أسفل منطقـــة الخياشيم بدائيا . وفى مرحلة مبكرة من التكوين يتكون خلفه حاجز مستعرض راسى يفصل هذا التجويف عن سيلوم الجذع ( أشكال ١٩٧ أ ، ١٩٨ ، ١٩٩ ) . ثم يصبح هذا الحاجز كاملا فى معظم الفقاريات ، ولكن تبقى فتحة توصل بين هذين التجويفين فى أسماك كثيرة وعلى الأخص القروش والجريثـــات .




شكل ١٩٨ أعلى ـ منظر جانبى لتشريح فى جذع جنين انسان طوله ٣ مم يبين تجويف التامور ( وقد ازيل القلب ) والتجويف البللورى والتجويف البريتونى، النهاية الأمامية للجسم على اليسار . وقد تكون الحاجز المستعرض مع الكبد خلف القلب ، ولكن كل تجاويف الجسم متصلة ( قارن شكل ١٩٧ أ ، ب )
( عن آرى )

شكل ١٩٩ ( أسفل ) ـ منظر جانبى يشبه ذلك الموجود فى شكل ١٩٨ ولكنه لطور أكبر ( ١٦ مم ) . النهاية الأمامية للجسم على اليسار بالاضافة الى الحاجز المستعرض فان الغشاء البللورى التامورى وكذلك الغشاء البللورى البريتونى موجودان . والغشاء الأخير مع الحاجز هما العناصر البدائية التى تكون الحجاب الحاجز ( قارن شكل ١٩٧ ب ، حـ ) ( عن آرى )

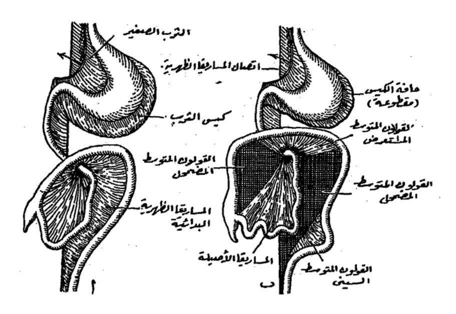


شكل ٢٠٠ ـ قطاعان توضيحيان فى منطقة القلب والكبد لجنين زهلى يبين العلاقة بين المساريقا ( من آرى عن برنتس ) .

وتستخدم الكبد هذا الحاجز ، فكلما ينمو تتعلق بسطحه الخلفى ، ويبقى هذا التعلق فى الطور البالغ ولكنه يقتصر فى حالات كثيرة على رباط ضيق نسبيا . ويكون الجدار العلوى لتجويف التامور أرضية البلعوم فى الاسماك . وعندما يختصر حجم البلعوم فى رباعيات القدم تحتل الرئتان المساحة الموجودة فى الجهة الظهرية للقلب ويتكون الغشاء البللورى التامورى ليفصل العضوين بعضهما عن بعض ( اشكال ١٩٧ جـ ، ١٩٩ ) .

**تجويف الجسم العام :** بانفصال تجويف التامور فى اغلب الفقاريات يبقى تجويف سيلومى واحد كبير الحجم يشغل مع ما يحتويه من أعضاء معظم منطقة الجذع . وتميل المساريقا البطنية ـ التى اشرنا اليهما ـ الى الاختفاء فى معظم أجزائها ، ومع ذلك يكون جزؤها الأمامى ما يسمى بالثرب الصغير ( ويوجد من الناحية التكوينية فى الجهة البطنية للمعى ) وهو يصل المعدة بالكبد ، وقد يبقى جزء آخر اسفل الكبد هو الرباط المنجلى ( شكل ٢٠٠ ب ) .

وتبقى المساريقا الظهرية كتركيب مستمر فى الثدييات والزواحف ، ولكنها تميل الى التجزئة الى قطع تفصلها فروج متباينة فى المجموعات الاخرى . وغالبا ما تعطى اسماء محددة لاجزاء المساريقا التى تربط عضوا او آخر اظهرها هو الثرب الكبير الذى يدعم المعدة . وفى الاسماك كاملة التعظم ورباعيات القدم تنتج عن التفاف الأمعاء التواءات معقدة فى المساريقا




شكل ٢٠١ — مناظر بطنية توضيحية للمعى والمساريقا فى الثدييات (أ جنين و ب حالة يافعة أساسية . أ ) يوضح النظام العام فى الانثناء الذى لا بد وأن تقوم به المساريقا نتيجة للوضع غير المتماثل للمعدة وكذلك الأمعاء وكما يرى فى ( ب ) قد ينتج عن هذا الانثنـاء اندثار او التحـام اجزاء من المساريقا . فى أ كيس الثرب تركيب صغير الحجم ، وقد يمتد الكيس الكبير الى أسفل فى كثير من الثدييات مغطيا كثيرا من الأمعاء ولكنه مقطوع فى ب . الفتحة من الكيس الى سيلوم الجهة اليمنى ( الثقب فوق الثربى ) يدل عليها سهم ، بينما الخط المزدوج أعلى السهم ( أى فى الجهة البطنيـة له ) هـو الاتصال المقطوع للثرب الصغير مع الكبد . ولرؤية نفس التركيب فى شكل جانبى انظر شكل ٢٠٤ ذ ( عن آرى ) .

المتصلة بها ( شكل ٢٠١ و ٢٠٤ ) . ويربط التقوس السينى(١) للمعدة بالتواء فى الثرب الكبير بطريقة تجعل جزءا من التجويف السيلومى الأيمن يقـع فى جيب أعلى وعلى يسار المعدة وهذا هو الكيس الثربى .

الجيوب الرئوية : تندفع الرئتان فى اثناء تكوينهما الى الخلف داخـل تجويف الجسم فوق القلب وعلى جانب من جانبى المرىء . وفى الأسماك الرئوية ورباعيات القدم الدنيا تكون الرئتان مدغمتين بثنيات من الأنسجـة

(١) انحناء على شكل حرف S . المترجم .

تكون مساريقا صغيرة خاصة بها ( شكل ٢٠٢ ) . ومما يستحق الذكر فيما يتعلق بتكوين الجهاز الدوزى أن الثنية الرئوية اليمنى ــ وهى التى تلامس الكبد من الجهة البطنية ــ تستخدم فى الأسماك الرئوية ورباعيات القدم فى تكوين الوريد الأجوف الخلفى الذى يغوص داخل هذه الثنية فى طريقه الى القــلب . وفى الأســماك والبرمائيات وكثــير من الــزواحف تــكون التجاويف الرئوية هى مجرد الأجزاء الأمامية من السيلوم العام . وفى بعض الزواحف قد تكون الرئتان مدفونتين الى حد ما فى جدار الجسم . كما تكون الجيوب الرئوية فى بعض الزواحف الأخرى مغلقــة تماما كتجاويف بللورية منفصلة تشبه كثيرا ما هو موجود منها فى الطيور والثدييات .



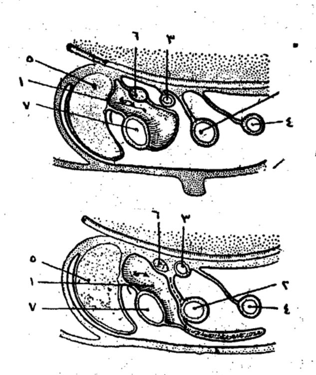




شكل ٢٠٢ ( أعلى ) ــ شكل توضيحى منظور من الأمام لقطاع مستعرض فى جسم سحلية فى منطقة الرئتين يبين الثنيات الرئوية التى تقع الفجوات الرئوية بينها وبين المرىء . الثنية الرئوية اليسرى غير متقدمة فى النمو . كما تظهر الثنية اليمنى التى من تحتها يشق الوريد الأجوف الخلفى طريقه الى الكبد من منطقة الوريد الخلفى . ( عن جودريش ) .

شكل ٢٠٣ ( أسفل ) ــ شكل توضيحى لقطاع عرضى فى صــدر طائر يبين انقسامات التجويف السيلومى خاصة . بالاضافة الى تجويف التامور تظهر تجاويف البللورا والأكياس فى الجهة الظهرية والبطنية للــكبد . السيلوم المعوى الرئيسى بعيد جدا الى الخلف ولهذا لا يظهر فى هذا القطاع . الأكياس الهوائية الصدرية ( مخططة ) وتظهر أيضا فى القطاع ( عن جودريش ) .

**السيلوم فى الطيور والثدييات :** يرتبط التكوين الكبير للأكياس الهوائية التى تتصل بالرئة فى الطيور بالانقسامات المعقدة لتجاويف الجسم ( شكل ٢٠٣ ) . اذ ينقسم التجويف البطنى الأصلى الى زوج من التجاويف الرئوية وزوجين من التجاويف المحيطة بالأحشاء البطنية . وتتكون الأكياس الهوائية بين التجاويف الرئوية من اعلى ومجموعات من التجاويف البطنية من أسفل .




شكل ٢٠٤ — اشكال توضيحية للحالة الجنينيــة واليافعــة للثرب والكيس فى حيوان ثديى بقطاعات طولية ترى من الجهة اليسرى ، والراس الى اليسار .

( الشكل الأعلى ) فى الجنين . الكيس صغير والمدخل ( فتحة فوق الثرب ) يدل عليها سهم . وفى اليافع لكثير من الثدييات ( الشكل الاسفل ) اصبحت المساريقا الظهرية وكذلك الثرب الأكبر ثنية طويلة . ويظهر الشكل ايضــا مساريقا المعى التى تتحد مع بعضها ( كما هى الحـــال عنـــد القـــولون المستعرض الذى يتحد مع الثرب الأكبر ) أو قد تتلاشى ( كما فى الاثنى عشر فى الشكل )

(١) الكيس الثربى (٢) القولون المستعرض (٣) الاثنى عشر (٤) المعى الصائم (٥) الكبد (٦) البنكرياس (٧) المعدة . ولمقارنة المنــاظر البطنيـــة انظر شكل ٢٠١ ( عن آرى )

ولا توجد أكياس هوائية فى الثدييـات ، وبالرغم من ذلك فإن ترتيب التجاويف البلعومية معقد . فالكيس الثربى يكون عادة تام التكوين كجيب كبير مغلق تقريبا ( شكلى ٢٠١ ، ٢٠٤ ) ) وقد يمتد الثرب الأكبر منه الى أسفل من الجهة البطنية كغطاء كبير فوق الأحشاء البطنية ، وأكثر من ذلك ـ كما فى الطيور وبعض الزواحف ـ تحاط الرئتان بتجاويف بللورية منفصلة ومغلقة تماما عن بقية السيلوم نتيجة لنمو الحجاب الحاجز ( اشكال ١٩٧ د ؛ ١٩٩ ، ٢٠٥ ) . ويكون الحاجز المستعرض الذى يفصل القلب عن التجويف البطنى هو المكون البطنى الرئيسى لهـــذا التركيب المعقـد ( اى الحجاب الحاجز ) . وتمتد أعلى هذا الفاصل ثنيات من جدار الجسم نحو الداخل وعلى جانبى الجسم . حيث تتصل فى الوسط بواسطة الأغشية البللورية البريتونية . وتقابل هذه الامتدادات ثنيـات تنمـو من كل جانب من جانبى المساريقا حيث تكمل الحجاب الحاجز كجدار مصمت من الأنسجة يفصـــل البطن عن الصدر . وتنمو العضلات داخل الحجاب الحاجز من الجهـــاز المحورى ، وبذلك يصبح عاملا ايجابيا فى تمدد وانقباضات التجاويف الرئوية ، وهو عامل هام فى تنفس الثدييات .




شكل ٢٠٥ ـ منظر امامى لمنطقة الحجاب الحاجز لجنين حيوان ثديى يوضح العناصر المختلفة التى تكون هذا الحجاب ، أزيل القـلب والرئتـان لاظهار الجدر الخلفية للغرف البللورية والتامورية ، فى هذا الطور ( كمـا يقارن بشكل ٢٤١ ) لا يزال تجـويف التامور ممتـدا الى الجـدار البطنى للصدر ، بينما فى الطور المتقدم فى شـكل ٢٤٢ ب تمتـد التجـــاويف البللورية أسفله ( عن برومان ، جودريش ) .

الفصل الحادى عشر

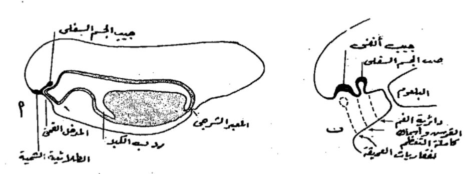
# الفم ، البلعوم ، أعضاء التنفس

تبدو القناة الهضمية فى النموات المختلفة والتراكيب الملحقة بها مركزا هاما من حيث الحجم والاهمية بالنسبة للتركيب العام للجسم . وفى هذا الفصل سوف نعتبر الفم ومنطقة البلعوم قطاعين تمهيديين لهذه القناة وهما – علاوة على استقبالهما للطعام – يلعبان دورا صغيرا فى التغذية ولكنهما يعتبران من وجهة نظر أخرى غاية فى الأهمية حيث تنشأ منهما الأعضاء التنفسية والتراكيب الغدية الهامة .

## الفــــم

يظهر الفم من وجهة النظر الى الثدييات او الانسان كوحدة تركيبية محددة تماما ، ولها ملامح مميزة وثابتة مثل الشفاه وترتيب الأسنان واللسان والغدد اللعابية . ولكن فيما يختص بالفقاريات بوجه عام نجد ان تراكيب الفم تختلف اختلافا كبيرا ، فقد تختفى كل خاصية من الخصائص المالوفة فى مجموعة او اخرى . وباستثناء كون التجويف الفمى منطقة مقلوبة الى الداخل وتؤدى الى البلعوم فاننا نستطيع ان نجد قليلا من التفاصيل التى تنطبق على جميع الفقاريات .

ومن المعروف منذ زمن بعيد أن تجويف المعى الجنينى للفقاريات – المعى القديم – يمكن مقارنته بالتجويف الهضمى للجوفمعويات اليافعة وبعض النماذج الأخرى من اللافقاريات البسيطة حيث لا توجد سوى فتحة واحدة تؤدى الى هذا التجويف ، ويمكن مقارنة هذه الفتحة بالثقب الجرثومى فى الفقاريات ، وكذلك بفتحة الاست فى الحيوان اليافع . وفى شعب اللافقاريات الاكثر تقدما ينشأ الفم فى النهاية الأخرى للمعى كظاهرة تقدمية ، ويوحى تاريخ نشأة الفرد بأن الفقاريات قد سلكت طريقا تطوريا مماثلا . ففى الجنين ينتهى المعى القديم نهاية أعورية عند النهاية الأمامية وتلك منطقة البلعوم مستقبلا ( شكلى ٢٠٦ أ ، ٢٤٨ ) . وأمام هذه المنطقة ينحنى الرأس الى اسفل فوق سطح الجسم المنتفخ بالمخ أو كيس المخ مكونا تحته ثنية تتجه الى الداخل أو جيبا من الاكتودرم يسمى بالمدخل الفمى . وهذا هو تجويف




( شكل ٢٠٦ ــ أ ) شكل تخطيطى لقطاع طولى فى يرقة البرمائيات ( حوالى الطور المذكور فى شكل ٧٠ و ) . يوضح امتداد الأندودرم ( منقط ) وعلاقته بتراكيب منطقة الفم . ب ) شكل تخطيطى لمقارنة مكان حدود الفم فى نماذج مختلفة من الفقاريات ( ارجع الى الوصف ) .

الفم البدائى الذى يكون فى بادىء الأمر مفصولا عن البلعوم المجاور له بغشاء. ثم يتمزق هذا الغشاء فيتصل الفم بالبلعوم ، وعندئذ تصبح للمعى فتحة امامية . وتلتحم طلائيتا المنطقتين المعينتين بعضهما ببعض حتى يصبح من الصعب ــ ان لم يكون من المستحيل ــ التمييز بينهما فى مرحلة متأخرة . ومع ذلك يستمر تبطين اغلب البلعوم ــ ان لم يكن كله ــ بالأندودرم ، ولكن طلائية الفم ــ على العكس من ذلك ــ اكتودرمية وهى اساسا استمرار لبشرة الجلد .

ويختلف امتداد تجويف الفم فى مجموعات الفقاريات اختلافا كبيرا ( شكل ٢٠٦ ب ) وقد يعتقد الانسان عند النظرة الأولى بأن فم الحيوان البالغ يتكون من نفس منطقة المدخل فى كل الفقاريات ، ولكن هذا ابعد مايكون عن الواقع .

ويوجد دائما علامتان مميزتان فى سقف منطقة المدخل فى الجنين ؛ اذ توجد بجوار النهاية الخارجية لهذا القمع وتحت انتفاخ المخ الأمامى منطقة الأنف الجنينية ــ وهى عبارة عن زوج من الحفر الاكتودرمية او التغلظات فى معظم الفقاريات ، فى حين توجد حفرة واحدة فى دائريات الفم . كما توجد الى الخلف قليلا فى السقف حفرة وسطية ــ جيب الجسم السفلى ( جيب راثك ) ــ التى يكون نسيجها الطلائى غالبية الجسم النخامى فى الحيوان اليافع . وفى معظم الأسماك لحمية الزعانف وكل رباعيات القدم تكون حافات الفك قنطرة تحت الجيوب الأنفية ، وبذلك توجد فتحات داخلية كما توج



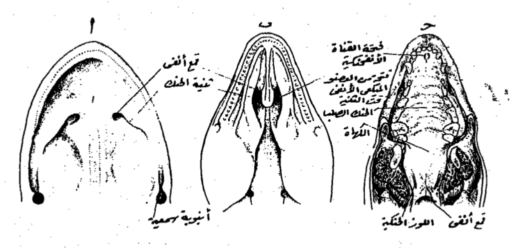

شكل ٢٠٧ ـ قطاع فى رأس يرقة الجلكى ، الكيس الفمى وكيس الجسم السفلى لا يزالان فى هذه الحالة فى وضع بطنى ( قارن شكل ٢٣١ )

فتحات أخرى خارجية ، ويقع مكان جيب الجسم السفلى الى الخلف كثيرا من هذه المنطقة ، وتجويف الفم متسع . وفى الأسماك شعاعية الزعانف والاسماك الشبيهة بالقروش توجد الجيوب الأنفية فى منطقة خارجية بالنسبة لحافات الفكين ، وبذا يكون الفم اقل تكوينا فى هذه المجموعات . أما الفم الخاص بدائريات الفم فهو لا يزال اقل تحديدا ، ويتضح من النمو الجنينى أنه يقابل الفجوة الداخلية لتجويف الفم فى الفقاريات الراقية . وفى يرقات دائريات الفم ( شكل ٢٧ ) توجد الحفرة الشمية وكيس الجسم السفلى فى منخفض المدخل الفمى كما هى الحال فى الفقاريات الأخرى تقريبا . ولكن كلما ينمو الجنين تسبب قوة النمو التخلفى دوران كل من الأنف والحفرة الشمية ( الاثنان متصلان تماما ) نحو الأمام والى أعلى فوق السطح الخارجى للرأس كما فى الجريث ( شكل ١٧ ) وفى الجلكى الى وضع عال على السطح الظهرى بعيدا عن فم الحيوان اليافع ( شكل ٢٣١ ) ولهذا فان معظم السطح الخارجى لرأس الجلكى مغطى بالاكتودرم الذى يوجد داخل الفم فى الفكيات .

وتكون الشفاه حواف الفم فى معظم الفقاريات وهى عبارة عن تراكيب جلدية ناعمة قابلة للالتواء . ويكون الفم فى معظم دائريات الفم دائريا ( كما يدل على ذلك اسم المجموعة ) ، وتحمل الشفاه لوامس حسية فى حالة الجريثات ، اما فى الجلكى فتكون ممصا قويا يلتصق بواسطته الحيوان بفريسته ( شكل ٢٣١ ) وتكون الشفاه فى بعض المجموعات الفقارية الاخرى صغيرة وعبارة عن ثنيات جلدية عديمة الأهمية ، وفى مثل هذه الأنواع كالطيور والسلاحف وقليل من الثدييات تتحول الشفاه الى منقار يقوم

وظيفيا مقام الأسنان الغائبة أو الضعيفة التكوين . وعلى العكس من ذلك تكون الشفاه فى الثدييات عموما تامة التكوين ومنفصلة عن حافات الفكوك بشقوق عميقة ، كما انها أصبحت متحركة لوجود العضلات الوجهيـــة . وتنتهى فتحة الفم عادة فى الثدييات أمام الاتصال المفصلى للفكين بمسافة كبيرة ، وبذا تتكون منطقة الخد المغطاة بالجلد ، وهى قد تمتد الى جيوب ذات فائدة فى حمل الطعام كما فى بعض الأنواع مثل قردة العـالم القـديم والقوارض .

وينمو فى سقف الفم ــ الحنك ــ المميز للأسماك فصية الزعانف المثالية ورباعيات القدم زوج من الأقماع الانفية هما الفتحتان الداخليتان للممرات الانفية . وسقف الفم فى البرمائيات مستو تقريبا ، أما فى الزواحف فالسقف مقوس ويكون ممرا ممهدا لمرور الهـواء الى الخلف من الفتحـات الأنفيـة الداخلية الى البلعوم والرئتين . وفى التماسيح والثدييات ( شكلى ١٦٦ جـ و ١٧٦ ) يغلق هذا الممر الهوائى عن الفم بواسطة الحنك الثـانوى المنـوه عنـه فى وصـف الجمجمـــة . ويمتـــد هـــــذا الحنـــك الصلب الى الخلف فى الثـــــدييات بغشـــاء سـميك يسمى اللهـــاة ( شكل ٢٠٨ ، ٢٠٩ ) وقد يكون للأعضاء الميكعيـــــة الأنفيـــة فى بعض الزواحف والثدييات فتحات تؤدى الى سقف الفم مستقلة عن الأقمـــاع الأنفيـــة . ويكون نسيج الحنك ( وتجويف الفم عموما ) فى البرمائيات الحديثة غنيا بالشعيرات الدموية حيث يعمل الفم كعضو تنفس هام . وتوجد فى الثـدييات حواجــز




شكل ٢٠٨ ــ سقف الفم فى أ ) البرمائيات الذيلية ب ) سحلية ، جـ ) حيوانى ثديى ( الكلب ) يبين موضع الأقماع الأنفية بوجه خاص .




شكل ٢٠٩ ــ قطاع وسطى فى رأس ورقبة قرد ويسوس ( عن جيست)

عرضية مخروطية على الحنك تساعد على امساك الطعام ، وتنمو هــذه الحواجز فى قياطس البالين عديمة الأسنان على هيئة صفائح طويلة متوازية من عظم الحــوت تتدلى داخل تجويف الفم ، هى ذات حــافات مشرشرة لتلتقط بها الحيوانات البحرية الصغيرة التى يلعقهــا اللسان والتى تكون المصدر الغذائى لهذه الثدييات الضخمة .

وفى الأسماك تنحدر الأطراف السفلية للغوارض الخيشوميــة مع ما يصاحبها من عضلات الى الأمام والى أسفل بين الفكوك فى اتجاه قاع الفم . وتكون مشتقات من هذه التركيبات فى دائريات الفم تركيبا دافعــا مسلحــا بأسنان قرنية يكشط بها الحيوان لحم فريسته ، ويسمى هــذا التركيب باللسان ، ولو أنه من الواضح لا يشبه اللسان الحقيقى . ويتكون هذا العضو أساسا فى رباعيات القدم حتى تكون هناك معالجة أفضل للطعام فى غيــاب الماء . وضمور وظيفة الخياشيم تمكن الحيوانات الأرضية من تجنب وضع الفواصل الخيشومية وعضلاتها فى خدمة هذا الاستعمال الجديد . وتتكون عضلات اللسان التى اشرنا اليها ــ من الجهاز تحت الخيشومى كما يتصــل اللسان نفسه عند قاعدته بفواصل خيشومية متحورة ، هى الجهاز اللامى .

ويوجد عدد من التخصصات فى تركيب اللسان بين رباعيات القدم ، فبينما تكون بعض البرمائيات اللاذيلية عديمة اللسان تملك أنواع الصفادع العادية لسانا يمتد بسهولة ليلتقط حشرة بطرفه اللزج ، أما الحرباء فلهـا تركيب مماثل ، وكذلك توجد لنقار الخشب وعدد من الثدييات آكلة النمل الأبيض السن طويلة جدا . وتختلف الطريقة التى يمتد بها اللسان اختلافا كبيرا ، ففى حالة الامتداد الخاطف يكون ذلك نتيجة لعمل العضلات ، أما فى حالة الامتداد العادى فهو نتيجة لامتلاء الجيوب الدموية للكيس الليمفى .

وباستثناء الغدد المتخصصة فى الجلكى وهى التى تمتنع تجلط دم الفريسة ، فان الأسماك تفتقر كثيرا الى الغدد الفمية باستثناء بعض الخلايا المخاطية المبعثرة . وفى الفقاريات الأرضية فى غياب الوسط المائى ـ تظهر الغدد اللعابية كوسيلة لترطيب وابتلاع الطعام وافراز المخاط ومعظم المواد المائية اللازمة لانتاج اللعاب . وتكون هذه الغدد فى البرمائيات والزواحف والطيور عادة صغيرة الحجم اذا كانت كثيرة العـدد أحيانا . وتوجد عادة فى البرمائيات غدة كبيرة متوسطة بين فكية فى الجزء الأمامى للحنك ، وفى كثير من الثعابين والجيلامونستر ( العظاءة « السحلية » الوحيـدة السـامة ) تتكون غدد فمية خاصة تفرز السموم التى تمر عن طريق ميزاب أو قناة فى الأنياب المتصلة بها الى جسم الفريسة ، والغدد اللعابية فى الثـدييات تامة التكوين ، وتظهر كغدد نكفية وتحت فكية وتحت لسانية . وفى حالات كثيرة لا يحتوى اللعاب على مواد كيماوية نشطة ، ولكن يوجد فى كثير من الثدييات ( ومنها الانسان ) وكثير من الطيور وحتى بعض البرمائيات اللاذيلية انزيم البتيالين الذى قد يمثل حارسا متقدما لجيش الأنزيمات الذى كان مركزا أصلا فى الأجزاء الخلفية للقناة الهضمية .

## التسنين

والأسنان ـ بالرغم من انها أجزاء متحورة من المواد الهيكلية الأدمية ـ فان من المستطاع مناقشتها على اعتبار انها من « سكان » التجويف الفمى ، وهى غير معروفة فى الحبليات الدنيا وفى الفقاريات عديمة الفكوك العائشة منها أو البائدة وذلك بالرغم من ان لدائريات الفم تراكيب قرنية عاملة يمكن اعتبارها قشورا سنية منحلة . والمعتقد أنه عند ظهور الفكوك نمت الأسنان فى نفس الوقت كتراكيب للقضم ، وتبعا للامكانيات الواسعة فى التغذية التى تصحب هـذه التراكيب اصبح الطريق ممهدا لظهور الفكيات بحالتهـا الحاضرة .

**مكان السن وتركيبها :** الاسنان فى ابسط صـــورها ( شكل ٢١٠ ) عبارة عن تراكيب مخروطية كتلك التى توجد فى كثير من الأسماك والزواحف وفى الجزء الأمامى من المجموعة السنية للثدييات . وعلى كل حال فغالبا ما تظهر اشكال اكثر تعقيدا وخاصة فى الاسنان التى يصبح سطحها العــلوى عريضا مكونا التاج الذى يستعمل فى التكسير والتحطيم . ويوجد بداخــل السن تجويف اللب بما فيه من مواد لينـــة تحتوى على الأوعيـــة الدموية والأعصاب ، كما يوجد عند القاعدة جذر ــ او اكثر من جذر ــ مثبت بقوة فى الفك .

ان اغلب مواد السن من المينا والعاج . والمينا ــ كما توجد فى اسنان الثدييات ــ مادة شديدة الصلابة وذات مظهر لامع تكون طبقة رقيقة فوق




شكل ٢١٠ ــ قطاعان فى اسنان الثدييات ــ أ ــ فى احد القواطع ب ــ فى ضرس خلفى ( طاحن ) ( عن ويبر ) .

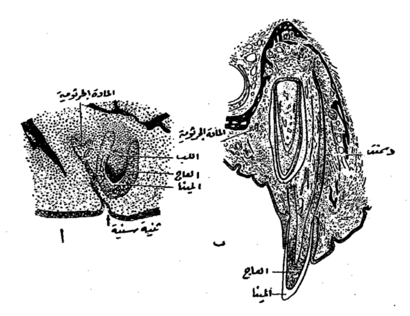
سطح السن ويظهر أن المينا لا تتكون فى بعض الفقاريات ، ولكن تحل محلها من الناحية الوظيفية طبقة خارجية صلبة من العاج . وتكون هــذه المـادة الاخيرة كل جسم السن . ويشبه العاج العظم فى التركيب الكيموى ولكنــه يختلف عنه فى البناء ؛ اذ أن اجسام الخلايا المصاحبة تنحصر فى تجويف اللب وترسل نتوءات مستقيمة طويلة الى العاج من خلال انابيب عديدة دقيقـــة ومتوازية تسمى بالقنيات . وفى القروش حيث لا توجد الفكوك العظميـــة تتصل الاسنان بنسيج ليفى ضام ، وهذا الاتصال الليفى من الصـــفات المميزة ايضـــا للتعابين والسلاحف « السحالى » . وقد تتصل الاســـنان بأربطة فى الاسماك كاملة التعظم . وتتصل الاسنان بوجه عام اتصالا وثيقـــا

شكل ٢١١ ــ قطاعات توضيحية فى الفك الأسفل للزواحف يبين الفروق بين اتصالات الأسنان : أ ــ أسنان مثغرة . ب ــ أسنان جانبية ج ــ أسنان قمعية .

بالعناصر العظمية الموجودة تحتها ، ويكون هذا الاتصال فى أغلب الأحيان عن طريق مادة اسفنجية تشبه العظم تسمى بالأسمنت . وتستقر الأسنان فى بعض الأحيان داخل جيوب ــ حالة الأسنان المثغرة ( شكل ٢١١ ) . وفى حالات أخرى كما فى الأسفينودن ومعظم أسماك كاملة التعظم تكون الأسنان ملتحمة بسطح العظم ــ أسنان قمية . وتختلف الحال فى كثير من العظايا « السحالى » حيث تتصل السن من جانب واحد بالسطح الداخلى لعظام الفكين وتسمى هذه الحالة بالأسنان الجانبية .

ان العنصر الأساسى فى التجهيز السنى للفقاريات هو صف واحد من الأسنان على حافة كل من الفكين العلوى والسفلى . وهذه الأسنان ــ ولو انها تتناقص أحياناً أو تغيب تماما ــ الا انها توجد فى امثلة لكل طائفة من طوائف الفقاريات ذات الفكوك . ولا يقتصر وجود الأسنان على حافات الفكوك فقط ، فقد تنشأ الأسنان او القشور السنية من الأكتودرم فى أية منطقة . وبما ان الفم مبطن بالأكتودرم فمن غير المستغرب أن توجد الأسنان على العظام الأدمية للحنك فى مجموعات كثيرة من الفقاريات ( بغض النظر عن الطيور والثدييات ) ( راجع شكلى ١٥١ ب ، ١٥٢ د ) . وقد توجد الأسنان على الأسطح الداخلية للفكوك السفلية فى الأسماك العظمية والبرمائيات البائدة ، أما فى الأسماك مشععة الزعانف فقد تنشأ الأسنان فى البلعوم ؛ اذ ان الاكتودرم يمتد داخل البلعوم فى هذه المجموعة من الأسماك .

من المسلم به منذ وقت طويل ان الأسنان والقشور السنية الآدمية لجلد كلب السمك ( راجع شكلى ٩٧ ، ٢١٦ ) هى أساساً تراكيب متشابهة من الاكتودرم والأدمة التى تحته . ولذلك يتضح انهما تراكيب




شكل ٢١٢ ــ قطاعان فى الفك الأعلى للتمساح يوضحان تكوين الأسنان فى رباعيات القدم الدنيا ــ أ ــ الجنين: السن الأولى تتكون، والمواد الجرثومية موجودة فى قاعدة الثنية السنية حتى وقت الحاجة ــ ب ــ الحيوان اليافع: السن العاملة تتآكل من الجهة الداخلية للجذر حيث توجد السنة التالية ، وهى تمر الآن بعملية التكوين . وتبقى على الدوام المواد الجرثومية المسئولة عن تتابع الأسنان (عن روز) .

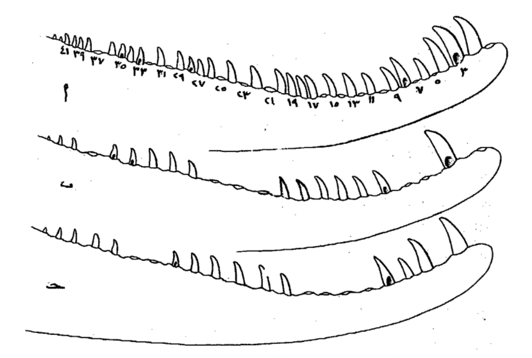
متشابهة . وقد كان المعتقد أن الأسنان قد نشأت مباشرة من قشور سنية ادمية منفصلة تقع على طول حافات الفم . وتصورنا السائد عن طبيعة الأسماك البدائية بأن لها هيكلا عظميا يتطلب تغييرا فى هذه الفكرة. فالقشور السنية فى أسماك القرش ــ كما رأينا ــ تظهر كأنها تمثل درنات سطحية على الألواح العظمية فى أسلاف الأسماك ، وقد ذابت الطبقات الباقية خلال التاريخ التطورى ، ونعتقد كذلك أن الأسنان تمثل مثل هذه الدرنات الادمية التى تقع على سطح الألواح الموجودة على حافات الفكوك ، وعلى ذلك فمن الممكن أن نستمر فى اعتقادنا بأن الأسنان والقشور السنية الأدمية تراكيب متشابهة ولو أن أحدهما لم ينحدر عن الآخر ، الا أن الاثنين ينتميان الى أصل مشترك وهو « زينة » سطحية على الألواح العظمية الأدمية للأسلاف الفقارية .

**نمو السن واستبدالها :** ان طبيعة المينا فقط من الناحية الجنينية هى التى تنتج من الأكتودرم اما بقية السن فأصلها من الميزودرم . وأول دليل

جنينى على تكوين السن هو التفاف البشرة الى الداخل . وفى صفوف الأسنان الحافية ينشأ ميزاب بطول الفك يسمى الصفيحة السنية ، وهى التى تنشأ منها بداية الأسنان ( شكل ٢١٢ ) . واذا كان هناك ــ كما هو الشأن عادة ــ تتابع فى تكوين الأسنان فان المادة الجرثومية لا تستعمل مباشرة ، بل بينما تبقى عميقة داخل الفك حيث يتبرعم منها جزء من الانسجة يتحرك تدريجيا نحو السطح . ومن ثم فبراعم الاسنان هذه من أصل أكتودرمى وعادة ما تكون مخاريط مجوفة تحدد مستقبلا سطح السن ، ويفرز البرعم على سطحه الداخلى ميناء السن ومن هنا يطلق عليه عادة اسم « عضو المينا » . وتتجمع فى هذه الأثناء خلايا من أصل ميزنكيمى داخل تجويف عضو المينا تفرز عاج السن ولكن تبقى أجسام خلاياها فى تجويف اللب الدائم وتتجمع معها بعض الأوعية الدموية والأعصاب . وباستمرار النمو تتجه السن نحو السطح حتى تبرز أخيرا ، ويكون قد ظهر من المادة الجرثومية برعم أو أكثر مندفعا نحو الخارج ليحل محل الذى فوقه .

وفى الثدييات ــ كما نعلم جيدا ــ لا يوجد تبادل للأسنان باستثناء تبادل الأسنان الدائمة محل الأسنان اللبنية الموجودة فى مقدمة الفم . وتختلف الحال تماما فى معظم الفقاريات الأخرى . ولا يعرف الا القليل عن استبدال الأسنان الموجودة على الحنك وداخل الفك فى كثير من الأسماك العظمية والبرمائيات والزواحف ، ويظهر أن بعض الألواح السنية الكبيرة الموجودة فى الاسماك المختلفة والزواحف تستبدل قليلا أو لا تستبدل أبدا . ولكن فيما يختص بغالبية الأسنان التى توجد على حافة الفك فى الاسماك والبرمائيات والزواحف فمن الواضح ان استبدالها يستمر طيلة الحياة . وتستمر الاسنان فى التكوين داخل أعماق أنسجة الفكوك وتنمو فى الحجم وتبرز للخارج وتؤدى وظيفتها ، ثم تسقط عن طريق التآكل عند قواعدها وانفصال اتصالاتها بعناصر الفك ويحل محلها جيل آخر من الأسنان .

وفى كثير من الأسماك والبرمائيات والزواحف تظهر صفوف الأسنان غير منتظمة مع الأسنان القديمة فعلى طول الفك تتناثر الأسنان القديمة والنامية وتلك التى تبرز حديثا بشكل غير مرتب ( شكل ٢١٣ ) ولكن هناك فى الحقيقة نظاما لهذا التبعثر الظاهرى ، فان التبديل يحدث بطريقة هامة تضمن الاستمرار الوظيفى للجهاز السنى بالرغم من التجدد المتعدد لكل سن على حدة . فيظهر ان الاسنان وبراعمها تنتظمان فى مجموعتين فردية وزوجية فى كل صف من الأسنان . وقد يجد المرء فى ساحة معينة من الفك على سبيل المثال ان الأسنان الفردية هى التى تقوم بوظيفتها بينما توجد فى أماكن الأسنان الزوجية جيوب بداخلها أسنان

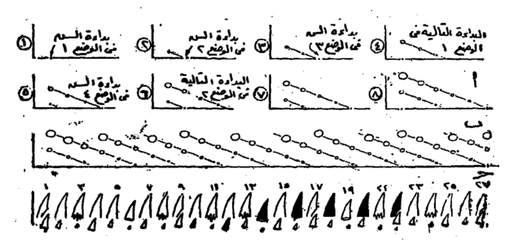


شكل ٢١٣ — السطح الداخلى للفك الأسفل لزاحف بدائى متحجر اوفيساكودون يبين عملية استبدال الاسنان بين المجاميع الفردية والزوجية . وتبدو الفرجات فى صف الأسنان غير مرتبة عند النظرة الأولى ولكن اذا اعتبرنا المجموعتين كلا على حدة كما هو مبين فى ب ، جـ لظهر أن كل مجموعة تحتوى على عدد من موجات التبادل مرتبة بطريقة متبادلة منتظمة ( بعض الأسنان ٣ ، ٨ ، ٢٨ ، ٣٣ ، ٣٥ يظهر بها امتصاص عند الجذور وهى عند نقطة السقوط ) .

جديدة فى طور التكوين . ونجد فى هذه المنطقة فيما بعد الاسنان الفردية والزوجية فى اماكنها فى نفس الوقت ولكن تظهر مظاهر القدم والتآكل على المجموعة الفردية . وبعد مدة وجيزة تسقط الأسنان الفردية تاركة الأسنان الزوجية لتقوم بوظيفتها وهلم جرا . وتضمن هذه الظاهرة الرتيبة على الاقل بقاء نصف عدد الاسنان فى اية منطقة لتقوم بوظيفتها فى اى وقت ، ويتعقد الموقف نتيجة للأمر الواقع ؛ اذ يظهر ان التجدد يحدث فى موجات تتحرك على طول فرعى الفك ، وفى نفس الوقت قد تكون المجموعة الزوجية هى المجموعة العاملة فى بعض مناطق فرع الفك ، بينما المجموعة الفـردية هى المجموعة العاملة فى المناطق الاخرى .

ويظهر أن هذا النوع من تبديل الأسنان راجع الى موجات من التأثير تعمل الواحدة تلو الاخرى من مقدمة صف الاسنان وعلى طول جدائل من الأنسجة التى تربط مجموعات البراعم السنية . ويرجع مظهر التبادل بين الاسنان الزوجية والفردية الى الوقت الذى يفصل بين موجتين متتاليتين .

والموقف المحتمل هو كما يظهر فى شكل ٢١٤ ؛ ففى أ ، ب تمثل الخطوط الأفقية الشريط الدائم من الأنسجة الذى يربط البذور السنية المتتابعة فى كثير من الفقاريات ويمثل الخط الرأسى المسافة من مستوى البذور السنية الى سطح الفك . وقد فرض فى أ ( ١ ) أن المؤثر لتكوين السن قد ابتدأ من أقصى الجزء الأمامى لموضع البذرة ، وان بداية السن ( أو أصلها ــ والممثلة فى الشكل بنقطة سوداء ) قد تكونت . وانتقل المؤثر فى أ ( ٢ ) الى المكان



شكل ٢١٤ ــ أشكال توضيحية ( نوقشت فى الوصف ) تبين طريقة تبادل الأسنان فى الفقاريات الدنيا المثالية ( عن أدموند )

التالى وبدأ فى تكوين برعم ثان فى حين أن السن الجنينية الأولى فى الوضع الاول ( والممثلة فى الشكل بدائرة صغيرة ) قد نمت الى حد ما وتحركت الى اعلى قليلا نحو سطح الفم . ويستمر المؤثر فى التحرك نحو الخلف منشطا تكوين السن فى أماكن متتالية حتى يكون المؤثر الأول فى أ (٨) قد انتج صفا من الأسنان والتى وصلت السنة الأولى منه ( والممثلة فى الشكل بدائرة كبيرة ) الى النضج الكامل . ويظهر فى نفس الوقت مؤثر ثان خلف المؤثر الاول وينفصل عنه بمسافة اكثر من جرثومتين سنيتين ثم يبدأ ظهور مؤثر ثالث .

فاذا استمر هذا التتابع ظهر الفك النامى بالصورة الممثلة تخطيطيا فى ب ، وكما نرى فى منظر جانبى ( جـ ) . وهنا كما يظهر للوهلة الأولى خليط من الأسنان الهرمة والبالغة والصغيرة وجراثيم الأسنان من مختلف الأحجام ولكن النظام الذى تنشأ على أساسه ـ كما رأينا ـ بسيط ومنتظم . وتوجد فى ( جـ ) مجموعة من الأسنان المتبادلة التى تظهر بلون أسود ، فنرى هنا تبادلا بين الأسنان البيضاء والسوداء ـ أى بين الأسنان الزوجية والفردية ـ وهذا يشبه تماما التبادل الموجود فى الفك الحقيقى ( شكل ٢١٣ ) . واذا كانت المسافة بين المؤثرات تساوى تماما مسافة جرثومتين سنيتين فقد ينتج تبادل محكم بين أسنان فردية وزوجية على طول الفك . ولكن اذا كان هذا الزمن أكبر من مسافة سنتين ( كما فى المثال الموضح ) أو أقل من ذلك بعض الشىء يبدو الترتيب غير منتظم ظاهريا ولو أنه أساسا منتظم .

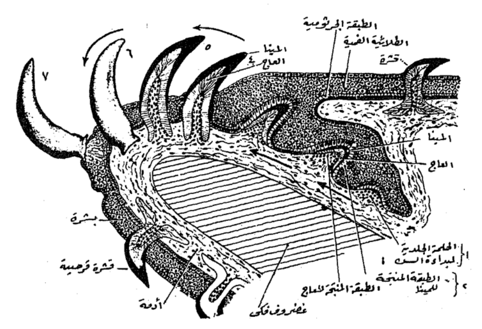
**الأسنان فى الفقاريات الدنيا** : لا توجد أسنان فى الحبليات الدنيا أو فى مصفحات الجلد الحفرية التى يتغذى معظمها . أو كان يتغذى ـ بطريقة المصفاة ولا فى دائريات الفم ( حيث اللسان الباشر المسلح بتراكيب قرنية تشبه الأسنان ) . وتوجد الأسنان عامة فى كل الفقاريات ذات الفكوك الا حيث تختفى كظاهرة ثانوية كما فى السلاحف والطيور الحديثة . وأغلب أنواع الأسنان شيوعا هو النوع المخروطى البسيط الموجود فى أغلب صفيحيات الخياشيم ، ولو أنه قد يتحور احيانا بظهور تيجان اضافية او قد يصبح مسطحا ليعطى شكلا مثلثا . وفى بعض القروش ومعظم الورانك والشفانين قد تتفلطح الاسنان مكونة آلة للتهشيم تناسب التغذية على الرخويات (شكل ٢١٥) وفى الكيميرا ـ وهى أيضا من آكلات المحار ـ يختصر التسنين الى زوج من الصفائح المهشمة فى كل من الفكين الأعلى والأسفل ، كما يوجد زوج اضافى من الصفائح العليا الصغيرة ( شكل ٢١٧ أ ) . ويوجد تركيب مشابه فى الأسماك الرئوية ( شكل ٢١٧ ب ) ، فقد فقدت الأسنان الموجودة على الحافة وأصبح الجهاز السنى مكونا أساسيا من أربعة ألواح سنية مركبة على شكل مروحة ( بالاضافة الى زوج علوى اضافى ) . وفى الأسماك شعاعية الزعانف يعتبر الشكل المخروطى للأسنان بدائيا ، وفى الأسماك كاملة التعظم تكون المادة الشبيهة بالأسمنت والتى تربط السن بعظم الفك قاعدة سميكة للسن هى أساسا « عظم اتصال» منفصل ( شكل ٢١٨ ) وفى كثير من الحالات تتصل الأنياب الكبيرة بالفك



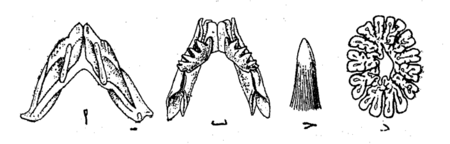
شكل ٢١٥ ـ الفك السفلى لقرش بدائى معاصر هيتيرودوتنس ( ستراسيون ) وهو قرش بوزن جاكسون فى الباسفيك . تختلف الأسنان كثيرا بين أجزاء الفك الامامية والخلفية وتتكون صفوف من الأسنان المتتابعة من أسفل داخل السطح الداخلى للفك .

بواسطة مفصل مرن ينحنى نحو الداخل ليسمح للفريسة بالدخول الى الفم ولكنه يمنعها من الهرب . ويصبح الفك العلوى فى الأسماك شعاعية الزعانف العليا عديم الأسنان ، وتختفى الأسنان فى بعض الأسماك كاملة التعظم من حافة الفك كلية ويصبح الاعتماد كله على الأسنان الحنكية والبلعومية التى غالبا ما تكون عديدة . وقد كانت بعض الأسماك فصية الزعانف القديمة مميزة بوجود ميازيب طولية على الأسنان تمثل انثناءات المينا نحو الداخل بنظام معقد يعطى السن مظهرا كثير التعاريج فى القطاع العرضى ( شكل ٢١٧ جـ ، د ) ، وهذا النموذج من الأسنان المميز لفصية الزعانف ممثل فى كثير من البرمائيات القديمة ، ولهذا فهو ظاهرة واضحة اعطت اسم « كثيرة التعاريج » للمجموعة التى تمثل أسلاف البرمائيات . وتكون الأسنان صغيرة وبسيطة فى تركيبها ، فى البرمائيات الحديثة التى تعيش على مواد صغيرة وطرية ، وقد تختفى الأسنان تماما كما فى بعض الضفادع .

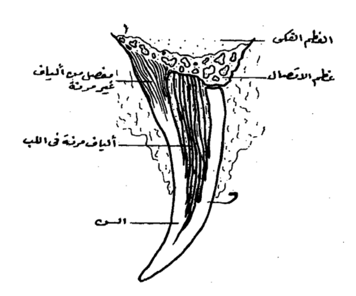
والأسنان فى اغلب الزواحف من النوع المخروطى البسيط ، وقد كانت اسنان الحنك موجودة فى اسلاف الزواحف ، وقد احتفظ بها الاسفينودن والثعابين والعظاءات « السحالى » ، ولا توجد مثل هذه



شكل ٢١٦ ــ قطاع فى فك القرش يبين الأطوار ( ١ ــ ٧ ) فى تكوين السن من مبدأ تكوينها حتى تصبح على وشك السقوط ( ٧ ) . وللمقارنة ظهرت القشور السنية فى الطلائية المجاورة ( عن رائد كتاب الحبليات ) .



شكل ٢١٧ ــ أ ــ منظر ظهرى للفك الأسفل للكيميرا يبين الزوج الكبير من الصفائح السنية المعقدة الشكل والتى تغطى معظم سطح الفك ــ ب ــ منظر مشابه للعناصر العظمية للفكين فى السمكة الرئوية ابيسيراقودس يبين زوج الصفائح السنية المروحية الشكل . ج ــ منظر خارجى لسن لها ميزاب كثيرة التعاريج المميزة لفصية الزعائف وأسلاف رباعيات القدم . د ــ قطاع فى مثل هذه السن لاظهار الانثناء المعقد لطبقة المينا ( خط أسود ثقيل ) ( أ ــ عن دين ، ب ــ عن واتسون ، جـ ، د عن بيسترو ) .

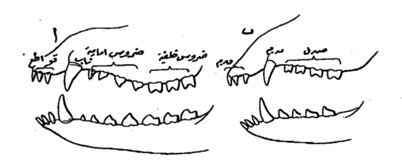



شكل ٢١٨ — قطاع فى سن من الصف الذى يوجد فى كثير من الأسماك كاملة التعظم والذى تلتف فيه السن الى الخلف داخل الفم على مفصلة ليفية (من سكوت وسيمونز) .

الأسنان فى التماسيح . وقد فقدت السلاحف اسنانها معتمدة على المنقار القرنى بدلا منها . وقد كانت لأسلاف الزواحف أسنان مثبتة فى ثغور ضحلة، وتوجد الأسنان المثغرة المثالية فى التماسيح ، والأسنان فى أغلب العظاءات « السحالى » من النوع الجانبى . وفى بعض العظاءات « السحالى » ( بما فى ذلك الحرباء ) تكون الأسنان قمية كما فى الاسفينودن . وتتصل الأسنان فى الثعابين بنسيج ليفى فقط . وقد كانت للطائر القديم اركيبتركس أسنان ، ولكن فى الطيور التى تلته حل المنقار ( مع الحصى الموجودة فى القونصة ) محل الأسنان فى الوظيفة .

ونشاهد فى الزواحف المتحجرة الشبيهة بالثدييات مراحل بداية تكوين النوع الثديى من التسنين . فالحيوانات القديمة جدا من هذه المجموعة — هى المسماة بليكوسورس — تبين تكوين أسنان عليا غامدة كبيرة تشبه انياب الثدييات تفصل القواطع من الأمام عن مجموعة من أسنان الخد ( شكل ١٦٤ أ ) ويظهر لكثير من الثيرابسيدا اطوار متقدمة من مراحل تطور التسنين الشبيهة بتسنين الثدييات .

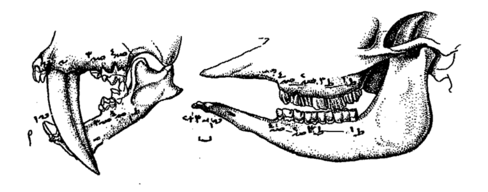
**التسنين فى الثدييات** : تشذ اكثر الثدييات الحية بدائية — وهى الثدييات وحيدة المخرج — فى أنها تفتقر الى الأسنان فى الحيوان اليافع ويوجد



شكل ٢١٩ ــ منظر جانبى أيسر للتسنين عموما فى حيوان ثديى مشيمى يبين فى أ ــ التسنين المستديم ، فى ب ــ الأسنان المتساقطة ، ن . م : ناب متساقط ، ق . م : قواطع متساقطة ، ص . ل : ضروس لبنية = ( ضروس أمامية متساقطة ) .

النقص فى الأسنان أو اختفاؤها فى كثير من الأنواع المختلفة ، وعلى الأخص فى آكلات النمل وقياطيس البالين . ومع ذلك فان القاعدة العامة أن للثدييات مجموعة حافية من الأسنان القصيرة فى كل نصف فك ، والتى يمكن تمييز اربعة أنواع منها من الأمام الى الخلف ( شكل ٢١٩ أ ) . ففى أقصى الأمام توجد القواطع، وهى أسنان قارضة على هيئة مخروط بسيط أو ازميلية الشكل . ويلى ذلك ناب واحدة وهى أصلا حادة طويلة مدببة . وتلى الناب مجموعة من أسنان الخد حيث يتكون فى كل منها سطح طاحن على التاج . وأسنان الخد الأمامية تسمى بالضروس الأمامية ( الضواحك ) والخلفية تسمى بالضروس الخلفية ( الطواحن ) . وتتميز الضروس الخلفية بأنها لا تسبقها أسنان لبنية فى الحيوانات الصغيرة . وزيادة على ذلك فهى غالبا أكبر حجما ، ولها تاج أكثر نموا من تاج الضروس الأمامية . وفى الثدييات الحفرية الأولى يختلف عدد الأسنان فى الفصائل المختلفة ، وغالبا ما يكون هذا العدد كبيرا . وفى المشيميات البدائية يصل هذا العدد الى ثلاثة قواطع وناب واحدة واربع ضروس امامية وثلاث ضروس خلفية فى نصف كل فك .

وهناك صيغة بسيطة لتسمية ضروس المشيميات ولبيان عدد الأسنان فى أى نوع منها . فالحروف الهجائية ق ، ن ، ض ، ط مشفوعة برقم فى وضع علوى أو سفلى تحدد اية سن فى المعادلة الأصلية للحيوان المشيمى ؛ فمثلا ق ١ تشير الى القاطع العلوى الأمامى الأول ، و ط ٣ تشير الى الضرس الخلفية الأخيرة . ويمكن وضع عدد الأسنان فى كل نوع من المجموعة السنية لأى حيوان ثديى فى معادلة سنية واضحة وموجزة . فالمعادلة السنية




شكل ٢٢٠ ــ صنفان خاصان من أسنان الثدييات أ ــ احدى القطيات ب ــ البقرة . ( فيما يختص بالقطيات السنة البائدة الشبيهة بالسيف فى نهاية نموها ) فى القطيات التسنين مختصر جدا اذ توجد قواطع بسيطة وناب سفلى ( مختبىء فى الشكل ) والناب العلوى الشبيه بالسيف . فى الخد يبقى القليل الا أسنان اللحم ( ص ٤ ) .

وفى المجترات تتسع أسنان الخد لتكون سطحا طاحنا وتفصيلها عن أسنان القرض فرجة ــ وتتكون أسنان القرض هنا من القواطع السفلية وناب فقط وهى تعمل ضد وسادة قرنية فى الفك الأعلى .

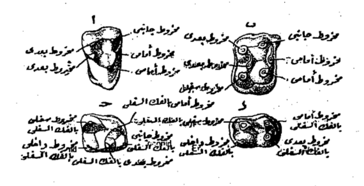
$\frac{\text{٣و و و١}}{\text{٣و١و٤و١}}$ تشير الى المعادلة الأصلية للحيوان المشيمى البدائى فى كل من جانبى الفك العلوى والسفلى ( وعدد القواطع والأنياب والضروس الأمامية والضروس الخلفية معبر عنها بأرقام متتالية ) . والعدد الكلى للأسنان الموجودة فى فم مثل هذا الحيوان هو اربع واربعون، والمعادلة السنية للانسان هى $\frac{\text{٢و و٢و٣}}{\text{٢و و٢و٢}}$ ويعنى هذا أننا فقدنا قاطعا واحد وضرسين أماميتين فى كل نصف فك ، وأن عدد أسناننا قد اختصر الى اثنتين وثلاثين .

وتبقى القواطع فى معظم مجموعات الثدييات ، ولو أن الحيوانات المميزة ــ على سبيل المثال ــ قد فقدت قواطعها العلوية وهى تتغذى على الأعشاب بقضمها بين القواطع السفلية واللثة . وأنياب الفيل عبارة عن قواطع علوية وقد كبرت جدا . وينمو فى بعض القوارض زوج من القواطع العلوية والسفلية للقرض والنحت . وتنمو هذه القواطع بصفة مستمرة عند جذورها كلما تأكلت قممها . وتوجد الأنياب دائما فى الحيوانات آكلات اللحوم ، وتصل الى أقصى حد لها فى النمو « المسيف السن » البائد ( شكل ٢٢٠ أ) . وفى الثدييات غير المفترسة قد تبقى الأنياب كأسلحة دفاعية ، أو

لاستعمالها وقت التزاوج فى الذكور ، ولكنها تكون عادة صغيرة ، وغالبا ما تكون غير موجودة .

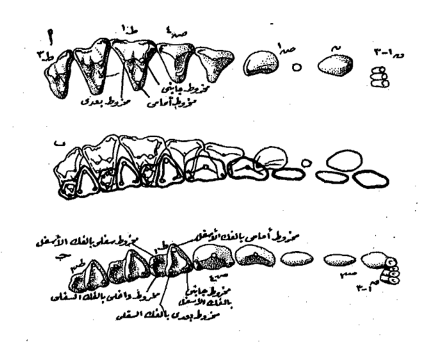
ولأسنان الخد تاريخ مختلف ؛ ففى آكلات اللحوم حيث يقل مضغ الطعام تميل أسنان الخد غالبا الى التناقص فى العدد ، وفى الحجم ماعدا فى أغلب آكلات اللحـــوم البرية حيث يتخصص زوج واحـــد على كل جانب كأسنان للقطع ويسمى بأسنان اللحم ( شكل ٢٢٠ أ ) . أما فى آكلات الأعشاب من ناحية أخرى فتبقى أسنان الخد عادة ( باستثناء غياب الضرس الأمامية الأولى فى أغلب الأحيان ) وتنمو كجهاز طاحن ذى كفاية ينفصـل دائما عن الأسنان الحاصدة بمسافة توجد فى صف الأسنان تسمى بالفرجة .

ويتكون على تيجان أسنان الخد فى الثـــدييات ــ وبالأخص الضروس الخلفية ــ نظام معقد من النتوءات ذو اهمية خاصة فى تشخيص القرابة بين هذه الحيوانات ، ولذا فقد درس علماء التقسيم والحفريات والأجناس هذه النظم بالتفصيل . وسوف يشار هنا فقط الى النظم الأساســـية لأنواع الضروس الخلفية كما هو موجود فى الثدييات المشيمية (شكلى ٢٢١ ، ٢٢٢).




شكل ٢٢١ ــ شكل توضيحى لنظام الضروس الخلفية فى الثدييات المشيمية . فى كل الحالات الحافة الخارجية للسن هى العليا وعلى الجهة اليمنى الحافة الأمامية . أ ــ الضرس الخلفية العلوية اليمنى فى صـــورة بدائية . ب ــ نفس الصنف الذى أصبحت فيه السن مربعة باضافة مخروط سفلى على ظهر الركن الداخلى . جـ ــ الضرس الخلفية السفلى اليسرى لحيوان بدائى مع وجود خمس نتـــوءات د ــ نفس الصنف وقد أصبحت السن مربعة بفقد مخروط جانبى .

وتسمية هذه النتوءات سهل ؛ فكل واحد منها يسمى مخروطا ، والنتوء الصغير يسمى مخروطا صغيرا ( مخيريط ) ، والموجود منها فى الفك الأسفل يضاف اليه رمز الفك الأسفل ( س ) ، والنظام المثالى للنتوءات وتسمية كل منها موضح فى شكل ٢٢١ . والتاريخ الحفرى القديم لنظام الأسنان غير معروف تماما ، كما أن بعض الحقائق غير واضحة ، ولكن فى المشيميات البدائية عامة كانت الضروس الخلفية العلوية مثلثة الشكل ، وكان لها ثلاثة نتوءات كبيرة ، واحد على القمة الداخلية واثنان على القاعدة الخارجية. والمعتقد أن أسنان الفك السفلى كانت أصلا مثلثات متشابهة ( ولكن بقواعد داخلية وقمم خارجية ) مع ثلاثة نتوءات متشابهة لها أسماء تشبه تلك التى فى الفك العلوى .



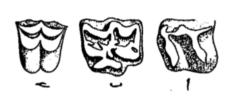
شكل ٢٢٢ ـ شكل توضيحى للأسنان فى حيوان مشيمى بدائى ( يعتمد على أكل الحشرات الديديلفودس من العصر الأيوسينى ) أ ـ منظر التاج للأسنان العلويةاليمنى جـ ـ منظر للأسنان السفلية اليسرى وفى الوسط ـ ب ـ الأسنان موضوعة فى تطابق . الحدود الخارجية للأسنان السفلية ( خطوط ثقيلة ) منطبقة على الحدود الخارجية للأسنان العلوية ( عن جريجورى ) .

ومع ذلك فان هذه الأسنان ـ عند قفل الفكين ـ لا يقابل بعضها بعضا ولكنها تكون فى وضع متبادل ، وللوصول الى كفاية وظيفية أكبر انتجت

كل ضرس خلفية سفلى كعبا به نتوءان اضافيان تنطبق عليـــه قمة الضرس الخلفية العلوية المثلثة ( كما يرى فى شكل ٢٢٢ ب ) ، ويشاهد فى شكل ٢٢١ جـ هذا الصنف من الضروس الخلفية السفلية ، وهو الموجـــود فعلا فى المشيميات البدائية . وهناك خطوة أخرى فى تكوين الضروس الخلفية يخطوها كثير من الحيوانات آكلات العشب أو ذوات الأكل المختلط ، وهى أن الطواحن العلوية والسفلية « تتربع » الى مستطيلات كما يرى فى شكل ٢٢١ ب ، د . وكما يرى فى الشكل يتم الوصول الى هذه الحالة فى الأسنان العلوية باضافة نتوء رابع كبير فى ظهر الركن الداخلى ، أما فى الأسنان السفلية فيتم ذلك بفقد واحد من النتوءات الثلاثة الأصلية ، وفى اى من الحالات تنتج سن لهـــا أربعة نتوءات كبيرة .

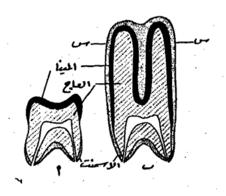
وكانت هذه النتوءات فى بادىء الأمر مدببة حادة ، وهذا بالطبع ليس له تأثير فعال فى أغراض المضغ . وفى ذوات الأكل المختلط ( مثل الانســـان والخنزير ) تميل هذه النتوءات لأن تصبح درنية الشكل ــ دونية التسنين وقد تتصل النتوءات فى كثير من المجترات لتكون حافات ، ومن ثم فهى حافية التسنين ، أو قد يتخذ كل نتوء بمفرده شكلا هلاليا ، وتسمى عندئذ هلالية التسنين ( شكل ٢٢٣ ) .

ويؤدى الرعى الى مشكلة هامة للحيوان المجتر ؛ لأن العشب صلب ، وتؤدى المواد الصلبة الى تآكل الأسنان ذات التيجان المنخفضة حتى تصل الى جذورها فى وقت قصير . ولهذه الحقيقة نجد أن الحيوانات مثل الخيـــل والماشية قد تكونت لها تيجان عالية ، ويسمى هـــذا الصنف العـــالى التسنين ( شكل ٢٢٤) . ويستطيـــع الانســـان أن يتصـــور تكوين أسنان عاليـــة التيجان باستطالة الكتلة الممتلئـــة بالعـــاج فى جســـم السن تاركة النتوءات فى شكلها الأصلى على السطح الطاحن . وهذا هو ما حدث فعلا فى بعض الثدييات الحفرية المبكرة ، ولكن اثبتت مثل هذه الأسنان عدم قدرتها ، وذلك لأنه عند تآكل المينا الصلبة يقع حمل التآكل بعد ذلك على العاج الأقل صلابة ، وقد كونت الحيوانات الناجحة أسنانا عالية بطريقة أخرى ؛ اذ يتكون الارتفاع فى كل نتوء أو بروز كمـــا تبنى ناطحات السحاب ، وتلتحم هذه القمم الرفيعة بعضها ببعض بنمو الأسمنت فوق السطح الكلى للسن وهى لا تزال موجودة تحت اللثة . وعندما يحدث التآكل فانه يحدث

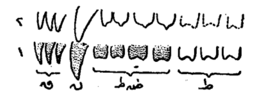



شكل ٢٢٣ ــ أشكال تيجان الضروس الخلفية . أ ــ الخرتيت . ب ــ الحصان جـ ــ الثور . وذلك لاظهار أنواع النتوءات المختلفة بالمساحات البيضاء هى الأسطح المتآكلة مظهرة التاج . الخط الأسود الذى يحيط بالأبيض هو الحد المتآكل من المينا . المساحات المنقطة تمثل الغطاء الأسمنتى أو الأسطح غير المتآكلة .

أ ــ نوع بسيط لحافية التسنين بحافة خارجية ( أعلى ) وحيدين متصالبين . ويتم تكوين هذا الصنف باتصال البروزين الموضحين فى شكل ٢٢١ ب ويمكن تتبع ذلك بسهولة . ب ــ حالة الحصان حيث يتكون من نفس النظام شكل آخر أكثر تعقيدا يظهر فيه النظام البدائى للتسنين الحافى. جـ ــ مظهر التسنين الهلالى المميز للمجترات ، فكل واحدة من النتوءات الأربع الأساسية تأخذ شكلا هلاليا .




شكل ٢٢٤ ــ أشكال توضيحية لتكوين الأسنان العالية
أ ــ سن عادية منخفضة التاج ( قارن شكل ٢١٠ ) ب ــ سن عالية وقد ارتفعت النتوءات والكل مغطى بالأسمنت . وعندتآكل سن كهذه لأى مستوى مثل هذا المميز بالحرفين س ــ س ــ فلا تكون هناك أقل من تسع طبقات متتالية من المواد المتباينة موجودة على سطح التاج .



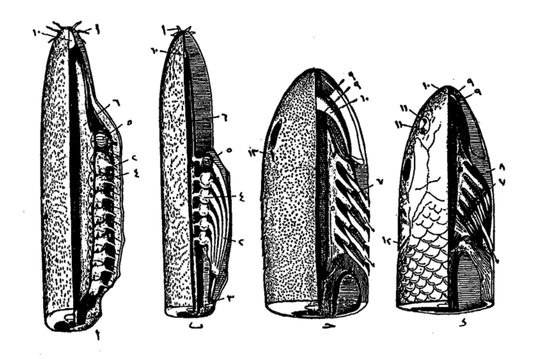
شكل ٢٢٥ ــ شكل توضيحى للتسنين الدائم فى الثدييات ، الأسنان اليسرى العلوية لحيوان ثديى مشيمى عام . (١) مجموعة كاملة من القواطع حتى الضروس الخلفية ، كل هذه ما عدا الضروس الخلفية تسقط ( كما هو مبين بالنقط ) . وتتكون المجموعة الثانية للأسنان فى (٢) ولكنها لا تكون أبدا ضروسا خلفية ، وبذلك يشمل التسنين الدائم اجزاء من مجموعتى الأسنان ( قارن شكل ٢١٩ ) .

فى طبقات صلدة معقدة من طبقات تتكون من كل مواد السن ، وهى : العاج ، والمينا ، والأسمنت .

## الخياشيم

البلعوم هو جزء صغير هام من القناة الهضمية فى طوائف الفقاريات العليا . فهو مجرد منطقة صغيرة تصل بين الفم والمرىء ، وفيها يفتح المزمار الى الجهاز الرئوى من السطح البطنى ، وتؤدى قناتا أيستاكيوس الى تجاويف الأذن المتوسطة من السطح الظهرى ( شكل ٢٠٩ ) . والبلعوم فى الثدييات هو المكان الذى تتقاطع فيه ممرات الهواء والغذاء بطريقة مركبة وحيث تتجمع كتل من الانسجة الليمفية المسماة باللوز . ولكن من الوجهة التاريخية لنشأة النوع ونشأة الفرد يمثل البلعوم منطقة غاية فى الأهمية ، فهو المكان الذى تتكون فيه الجيوب الخيشومية التى هى الأساس فى تركيب الاجهزة التنفسية فى طوائف الفقاريات الدنيا ، ولا يزال ذا اهمية فى قصة النمو فى المجموعات العليا .

وفى الحيوانات الصغيرة ذات الجلد النفاذ يمكن الحصول على كمية كافية من الاكسجين عن طريق تبادل الغازات من خلال الجلد . ولكن فى الأنواع الاكبر حجما حيث تصبح مساحة الجلد غير كافية لامداد الحيوان بحاجته من الاكسيجين ، وكذلك فى الانواع التى لها جلد غير نفاذ نسبيا يحتاج الأمر الى تراكيب تنفسية خاصة ــ الخياشيم ــ تتكون بطرق مختلفة



شكل ٢٢٦ — رؤوس أسماك مختلفة تبين ترتيب الخياشيم .

أ — الجريث المخاطى « بدللوستوما » . ب — الجريث « ميجزين » .
جـ — القرش . د — سمكة تليوست : النصف الأيمن لكل بلعوم مقطوع فى مستوى أفقى .

١ — الشوارب حول الفم ٢ — قنوات من الجيوب الخيشومية ٣ — الفتحة الخارجية المشتركة للجيوب الخيشومية ٤ — أكياس خيشومية ٥ — أكياس مفتوحة تبين الثنيات الداخلية للخيشوم — ٦ — المعى (البلعوم) ٧ — قوس خيشومية مقطوعة ٨ — نتوءات خيشومية — ٩ — الفكين الأعلى والأسفل — ١٠ — الفم — ١١ — الفتحتين الأمامية والخلفية للغرفة الأنفية — ١٢ — غطاء الخياشيم — ١٣ — فتحة شبه الخيشوم (عن دين)

فى الحيوانات اللافقارية . وهى تأخذ شكل خياشيم داخليـــة فى الفقاريات وأقاربها القريبة من الحبليات كما رأينا ، وهذه الخياشيم الداخلية عبـارة عن تراكيب تنفسية توجد فى مجموعات من الفتحات أو الجيوب التى تؤدى من منطقة البلعوم الى سطح الجسم ، ويعتبر البلعوم كمركز لنشأة هـــذه الفتحات جزءا تام التكوين وهاما جدا من القناة الهضمية فى أقسام الفقاريات الدنيـــا .




شكل ٢٢٧ ـ مقاطع افقية للقوس الخيشومية . أ ـ سمك القرش ب ـ سمكة تليوست . السطح الخارجى الى أعلى وحد البلعوم الى أسفل . الغضروف أو العظم ملون باللون الأسود . فى سمك القرش يوجد فاصل طويل ، وهذا الفاصل ضامر جداً فى الأسماك كاملة التعظم .

**جهاز الخياشيم فى أسماك القرش :** يرى فى أسماك القرش تكوين مميز للجهاز الخيشومى ( شكل ٢٢٦ جـ ) . وفى كل من جانبى البلعوم الطويل توجد مجموعة من الفتحات تؤدى الى الخارج على سطح الجسم . ويوجد غالبا فى امام زوج من الفتحات الصغيرة المتخصصة تسمى فتحات شبه الخيشوم أو المتنفس ( سوف يوصف فيما بعد ) وتوجد خلفها على كل جانب فتحات الخياشيم المثالية وعددها خمس فى معظم أسماك القرش ( ست أو سبع فى حالات خاصة قليلة ) . وتوجد داخل هذه الشقوق الأعضاء التنفسية أى الخياشيم . ويمر الماء الى البلعوم عن طريق الفم ثم الى الخارج عبر الشقوق الخيشومية ، ويتم التبادل التنفسى فى أثناء مروره على سطح الخياشيم . وتطلق كلمة أقواس خيشومية (١) على الانسجة الموجودة

(١) يوجد هنا مصدر للخلط ؛ لأن كلمة قوس تستعمل عادة فى ثلاثة معان مختلفة فيما يختص بمنطقة الخياشيم . فقد تشير الى مجموعات العوارض التى تكون هيكل كل منطقة خيشومية كما فى الفصل السابع ، وقد تستعمل الكلمة أيضا فى وصف الأوعية الدموية الشريانية ( الأبهرية ) التى تعبر كل خيشوم ( راجع الفصل ١٤ ) ، وفى هذا الباب تستعمل هذه الكلمة فى معنى أوسع لتصف مجموعة التراكيب التى تقع بين كل فتحتين خيشوميتين متتاليتين .

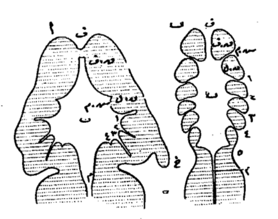
بين الفتحات المتتالية ، والمنطقة بين الفم وفتحة شبه الخيشوم والفتحة الخيشومية العادية الأولى تسمى القوس اللامية ، أما الأقواس الخيشومية الخلفية فيشار اليها عادة بالأرقام .

وتتضمن كل قوس خيشومية مجموعة من التراكيب المميزة ( شكل ٢٢٧ أ ) ، وقد وصفنا فيما سبق العناصر الهيكلية التى تتضمن العوارض الخيشومية والنتوءات الخيشومية والأشعة الخيشومية . وتوجد بالاضافة الى كل هذا العضلات الخيشومية والأقواس الدموية ويوجد لكل خيشوم عصب مخى خاص او فرع من عصب ( راجع شكلى ٣٧٤ ، ٣٧٥ ) . ويدعم كل خيشوم حاجز خيشومى من النسيج الضام يمتد نحو الخارج فى القروش حيث يصبح جزؤه الخارجى ثنية جلدية تغطى وتحمى الخيشوم الذى يليها من الخلف . والخيشوم نفسه تركيب غنى بالشعيرات الدموية المغطاة بنسيج طلائى رقيق ينثنى الى صفائح خيشومية كثيرة ومتوازية .

وقد ينشأ الخيشوم على كل جانب من جانبى الفتحة الخيشومية أو بمعنى آخر على كل سطح من سطحى القوس الخيشومية ( شكل ٢٢٩ أ ) . وفى معظم الحالات تحمل القوس خيشوما على كل من سطحيها ، وبذا تعتبر خيشوما كاملا . وفى حالات اقل شيوعا فى الأسماك قد يتكون الخيشوم على سطح واحد للقوس الخيشومية ويسمى عندئذ نصف خيشوم . ولا توجد غالبا قوس دموية خلف الفتحة الخيشومية الأخيرة ، وبالتالى لا يوجد اى تكوين خيشومى على السطح الخلفى لهذه الفتحة الخيشومية الأخيرة . وتحمل كل الفتحات الخيشومية المثالية الأخرى فى القروش خياشيم على كل من سطحيها . وباصطلاحات الخياشيم ( وليست الفتحات ) توجد أربعة خياشيم كاملة .

ولا يوجد اى تكوين خيشومى على الجانب الخلفى لفتحة شبه الخيشوم ولهذا فان القوس اللامية التى تقع خلفها عبارة عن نصف خيشوم .

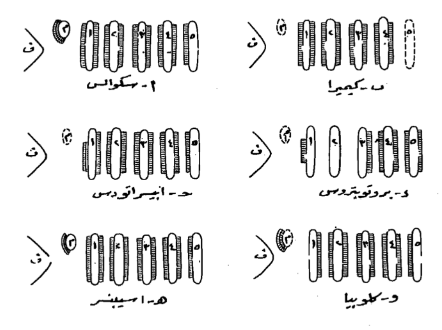
والمتنفس ( فتحة شبه الخيشوم ) عبارة عن فتحة خيشومية صغيرة تقع بين القوسين الفكية واللامية ، ومن المفروض ان هذه الفتحة كانت فتحة خيشومية كاملة النمو فى النماذج السلفية . ولكن فى جميع الفقاريات ذات الفكوك التى تعيش الآن يتحرك الفكى اللامى — كما رأينا — ليتصل مع مفصل الفك ، وبالتالى فان تكوين اية فتحة بين القوسين الفكية واللامية



شكل ٢٢٨ ــ قطاعان أفقيان فى منطقة الراس والبلعوم فى اجنة :
أ ــ الضفدعة ( رانا ) و ب ــ إحدى الأسماك صفيحية الخياشيم لايضاح تكوين الجيوب الخيشومية . فى أ ــ تتكون الجيوب كشقوق ضيقة ولم تفتح بعد على السطح ( الفم مغلق ايضا ) . فى ب ــ كل الشقوق مفتوحة ما عدا الأخير . م ــ المرىء خ ــ الخيشوم الخارجى يتكون.ق.ل ــ القوس اللامى . ف ــ الفم . ق . ف ــ القوس الفكى . ب ــ بلعوم ش . م ــ شق المتنفس من ١ ــ ٥ ألفتحات الخيشومية خلف المتنفس .

يصبح متعذرا . والمتنفس فى حالته الضامرة فى القروش يحمل خيشوما صغيرا على حافته الأمامية . ومع كل فان الدم الذى يصل اليه يأتى من الخيشوم الذى يليه من الخلف حيث يكون قد سبقت تهويته . ولذا ينظر الى خيشوم المتنفس على انه خيشوم كاذب ، وفى القوابع والورانك تكبر فتحة المتنفس ويصبح وجودها مفيدا لأن هذه الأسماك تعيش على القاع حيث يكون الفم فى اكثر الأوقات مدفونا فى الطين أو الرمل ، وبذا يعمل المتنفس كمكان بديل لدخول تيار الماء .

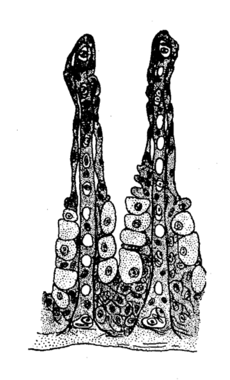
تنشأ الفتحات الخيشومية فى صفيحية الخياشيم من الوجهة الجنينية بطريقة مميزة للفقاريات ( شكل ٢٢٨ ب ) . ففى اثناء النمو المبكر يندفع الى الخارج من البطانة الاندودرمية لمنطقة البلعوم زوج من الجيوب يلتحم مع الاكتودرم السطحى المنثنى الى الداخل . وعندئذ تتلاشى الأغشية التى بينهما وتتحد الطبقتان البطانيتان لتكونا بطانة متصلة للفتحات الخيشومية ثم تتصل بعد ذلك بالأغشية الجنينية ذات الثنيات . وفى أغلب الحالات يكون الجزء الاكتودرمى للبطانة مسئولا عن تكوين التراكيب الخيشومية . وتتكون الجيوب الخيشومية فى مجموعات طولية مزدوجة . وهى مسئولة أساسا

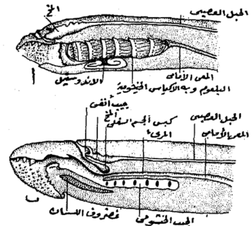



شكل ٢٢٩ ــ اشكال توضيحية لترتيب الخياشيم . أ ــ القرش . ب ــ كيميرا جـ ــ السمكة الرئوية الاسترالية « أبيسراتودس » د ــ السمكة الرئوية الأفريقية « بروتوبترس » . هـ ــ سمكة سترجيون . و ــ سمكة كاملة التعظم ( الرنجة ) . الخطوط المتقطعة تدل على فتحة مقفلة . المنطقة المخططة التى تجاور الفتحة الخيشومية تدل على سطح الخيشوم . الخط الراسى داخل المنطقة المخططة يدل على الخيشوم الكاذب . وجود سطح خيشومى فى الجانب الخلفى للفتحة الأخيرة فى بروتوبتروس حالة وحيدة . ف ــ فم . م ــ متنفس . الفتحات الخيشومية بعد المتنفس تدل عليها الأرقام .

عن التنظيم القطعى للأعصاب والتراكيب الهيكلية المرافقة . وقد حاول الكثير من البحاث أن يرجعوا التنظيم القطعى للخياشيم لنظيرة فى القطع العضلية والعناصر الهيكلية والعصبية المرافقة لها . وعلى كل فليس هناك دليل قاطع على اية علاقة حقيقية بين التنظيم القطعى فى الاثنين ( قارن شكل ١٧٩ ) .

وتفتح الفتحات الخيشومية فى صفيحية الخياشيم مباشرة ومستقلة على السطح ، ولكن فى الكيميرا التى تنتمى اليها تنمو ثنية من الجلد يتكون منها غطاء للخياشيم التى تنمو الى الخلف من نقطة خلف الفكين لتغطى وتحمى المجموعات الخيشومية . وتجب الاشارة هنا الى أن الكيميرا (اشكال





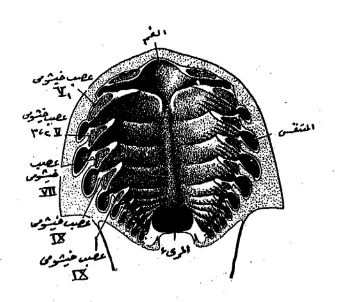

شكل ٢٣٠ ـ صفيحتان خيشوميتان من خيشوم ثعبان السمك . الخلايا الكبيرة عند قاعدة الصفيحة هي الخلايا المفرزة للملح .
(عن كيز وويلمر)

شكل ٢٣١ ـ قطاع طولي في أ ـ يرقة الأموسيتس للجلكى . ب ـ الجلكى اليافع لاظهار انقسام البلعوم الى جزئين . الاندوستيل في اليرقة يصبح الغدة الدرقية في الحيوان اليافع ( لا تظهر هنا ) (عن جودريش)

٢٢ جـ ، ٢٤ ، ٢٢٩ ب ) تختلف عن اسماك القرش من وجهتين اخريين ؛ فقد اختفت فتحة المتنفس ( كما يحدث فى قليل من اسماك القرش ) كما اغلقت الفتحة الخيشومية الأخيرة .

**الخياشيم فى الأسماك عديمة الفكوك ــ أصل الخياشيم :** اذا انحدرنا فى السلم التطورى من اسماك القرش نجد ان الخياشيم فى الجلكى والجريثات ( اشكال ٢٢٦ أ ، ب ) متساوية فى تمام تكوينها ولكنها تتكون بطريقة مختلفة تماما .

فالممرات الخيشومية ليست شقوقا ، بل جيوبا دائرية تتصل من جهة بالبلعوم ، ومن جهة أخرى بالخارج بواسطة فتحات ضيقة . وتكون الصفائح الخيشومية فى الحيوانات البالغة حلقة كاملة على كل جانب . كما يوجد تنظيم عضلى تام التكوين يجعل الأكياس تعمل كالمضخة ، وهكذا يمكن




شكل ٢٣٢ ــ منظر اعيد لأصله الذى كان عليه لمنطقة البلعوم فى مصفحات الجلد Ostracoderms فى العصر السيلورى المتأخر من نوع سيفالاسبيد Cephalaspid . ترى الراس من اسفل بعد ازالة عظام الزور . ( ارجع لشكل ١٩ ب ص ) الفم صغير جدا والبلعوم تركيب متسع للتغذية بالترشيح $V_1$ $V_2$ $V_3$، VII، IX ، Xbrl قطاعات فى الاعصاب الخيشومية المتصلة بالخياشيم المتتابعة ( راجع شكل ٣٧٤ ) . يوجد جيبان خيشوميان امام ذلك الذى يظهر انه يمثل المتنفس ( عن استنسيو ).

للماء أن يندفع الى الداخل من خلال الانابيب الخارجية ثم يطرد من الأكياس ثانية الى الخارج ، وبهذا تستطيع الخياشيم أن تقوم بوظيفتها حتى وان كان فم الحيوان ممسكا بفريسته . كما توجد اجهزة أخرى تساعد على التغـذية والتنفس فى نفس الوقت فى كل من الجلكى والجريثات . ففى الجلكى البالغ ينقسم البلعوم الى أنبوبتى قناة ظهرية صغيرة تؤدى مباشرة من الفم الى المرىء فى الخلف . أما الممر الى الخياشيم فانه يقع فى كيس بلعومى بطنى اكبر ينتهى بنهاية أعورية عند طرفه الخلفى . ويوجد فى الجريثات جهاز غريب مماثل ؛ اذ أن الفتحة الأنفية المقترنة بالجيب النخامى تفتح فى سقف البلعوم من الخلف .

ونجد فى معظم دائريات الفم عددا من الجيوب الخيشومية اكثر من العدد العادى فى الفكيات التى تحتوى على خمس فتحات خيشومية بالاضافة الى المتنفس . فللجلكى سبعة ازواج من الجيوب ، أما الجريثات فلها من ستة الى اربعة عشر زوجا ، كما يختلف العدد فى الفتحات الخارجية ايضا . ففى الجلكى والجريث المخاطى « بدلوستوما » يفتح كل جيب خيشـومى الى الخارج بفتحة مستقلة . أما فى الجريث العادى ــ ميجزين ــ فعلى العكس من ذلك تتحد خارجيا كل مجموعـة من الأنابيب علم كل جانب من جانبى الراس لتفتح بفتحة خارجية واحدة .

تمضى يرقة الأموسيتس لجلكى البحر ــ التى تكلمنا عنها ــ حياتهـا نصف مدفونة فى طمى الجداول ، وتتغذى على المواد الغـذائية الدقيقـة التى تجمعها من الماء الذى يمر خلال البلعوم والخياشيم بطريقة تشبه تلك التى رايناها فى السهيم والغلاليات . ومن الواضح هنا ان وظيفـة الجهاز الخيشومى فى جمع الغذاء اكثر أهمية من الوظيفة التنفسية التى يمكن أن يقوم بها الجلد فى هذه الحيوانات الصغيرة . وهذا الوضع تؤيده الحقائق التى شرحت فى الفصل الثانى ؛ وهى ان جمع الغذاء كان الهدف الأول للجهاز الخيشومى ، أما التنفس فقد كان فى البداية وظيفة اضافية .

ويوجد دليل آخر على أن جمع الغذاء كان هو الوظيفة الكبرى للجهاز الخيشومى ــ لا فى أسلافها من الحبليات الدنيا فقط ولكن ايضا فى أسلافها من الفقاريات الحقيقية . ويمكن استنتاج هذا الدليل من دراسة الفقاريات الأكثر قـدما ، وهى مصـفحات الجلد المتحجرة ( اشـكال ١٨ ، ١٩ ) .

وفى مثل هذه الأنواع مثل السيفالاسبيدس شكل ٢٣٢ ) كان الفم صغيرا جدا وكما يظهر كان بدون وسائل هجومية لجمع الغذاء ، ولكن احتلت الجيوب الخيشومية ( وعددها هنا عشرة ) غرفة كبيرة على السطح السفلى لمنطقة الراس ، كما يظهر اكبر من أن تكون خاصة بعملية التنفس فقط . ومن الواضح ان هذه الفقاريات الأوائل كانت لا تزال تتغذى بطريقة الترشيح، وأنها لم تكن حتى ظهور الفكوك ( أو ما يحل محلها فى دائريات الفم ) قد تركت هذه الطريقة فى التغذية ، وأن الخياشيم قد اتخذت وظيفتها التنفسية فقط .

**البلعوم والخياشيم فى الأسماك العظمية ورباعيات القدم :**

الخياشيم فى الأسماك العظيمة ( شكل ٢٢٦ د ) تشبه أساسا تلك الموجودة فى القروش . غير أن هناك اختلافات متعددة ترجع جزئيا الى حقيقة وجود غطاء للخياشيم تام النمو فى كل أفراد هذه الطائفة من الأسماك ، وهو هنا ( عكس الكيميرا ) مدعم بألواح عظيمة ( أشكال ١٠٨ ، ١٨١ ، ١٥٧ ) وتوجد تحت غطاء الخياشيم غرفة خيشومية كبيرة . وتتم عملية التنفس فى القروش بواسطة :

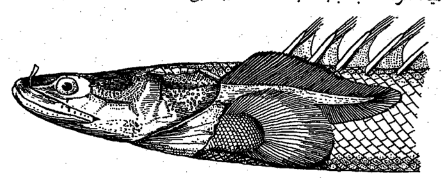
( ١ ) اتساع البلعوم والفتحات الخيشومية مغلقة والفم مفتوح مما يؤدى الى سحب كمية من الماء الى الداخل و (٢) انقباض البلعوم والفم مغلق فيندفع الماء الى الخارج من الفتحات الخيشومية المفتوحة مارا بالخياشيم . والعملية مشابهة لذلك فى معظم الأسماك العظمية ، الا أن فتحة غطاء الخياشيم هى التى تغلق وتفتح وليست الفتحات الخيشومية نفسها . ولما كانت منطقة الخياشيم يحميها غطاء الخياشيم فان نمو الحاجز الخيشومى الشبيه بالمصراع والموجود فى سمك القرش يقل فى الأسماك العظمية ( شكل ٢٢٧ ب ) .

وتوجد عادة فى الأسماك كاملة التعظم خمسة ازواج من الفتحات الخيشومية المثالية كما هى الحال فى القروش . ولكن غالبا ما توجد حالات شاذة . فقد يكون هناك ميل الى نقص عدد الخياشيم الموجودة ( شكل ٢٢٩ جـ — و ) . ففى الأسماك كاملة التعظم مثلا لا تنمو خياشيم على الحافة الأمامية للفتحة الخيشومية الأولى ، وتتناقص الخياشيم كثيرا فى الأسماك الرئوية الافريقية وتلك الموجودة فى امريكا الجنوبية . ويمكن الاستدلال على

أن فتحة المتنفس كانت موجودة فى الأسماك العظمية البدائية بوجودها فى الأنواع الأكثر بدائية المشععة الزعانف مثل البوليبتروس وستيرجون وسمك المجداف وفتحة المتنفس مفقودة فى كل الأسماك العظيمة التي تعيش الآن ، ولو انه قد يوجد ( وذلك مما يدعو للغرابة ) خيشوم صغير حيث أن وجود تركيز عال جدا من الملح يضر الحيوان ( قارن الفصل ١٢ والشكل ٢٥٦ والفصل ١٣ ) .

وتوجد لخياشيم الأسماك كاملة التعظم وظائف افرازية ، كما أن لها وظائف تنفسية . ويظهر أن الخلايا الغدية للأغشية الخيشومية (شكل.٢٣٠) تفرز موادا آزوتية مسرفة مكملة بذلك عمل الكليتين . ولهذه الخلايا فى الأسماك كاملة التعظم البحرية وظيفة هامة وهى قدرتها على افراز الملح ، وبذلك تساعد الكليتين كثيرا فى المحافظة على وجود وسط داخلى مناسب حيث أن وجود تركيز عال جدا من الملح يضر الحيوان ( قارن صفحات ٢٦٨ — ٢٧٩ ) .

وتوجد فى يرقات قليل من الأسماك — البوليبتروس والأسماك الرئوية الافريقية وتلك الموجودة فى أمريكا الجنوبية — وفى أغلب البرمائيات كذلك أعضاء تنفسية اضافية على شكل خياشيم خارجية . وهذه الخياشيم كما ترى فى الاسماك المشار اليها ( شكل ٢٣٣ ) وفى البرمائيات الذيلية عبارة عن نتوءات ريشية عددها من واحد الى اربعة ، وتنمو من جانب منطقة « الرقبة » فوق الخياشيم حيث يميل لونها الى الحمرة فى أثناء الحياة ، وذلك لوجود امداد دموى كبير . وذكر هذه الأسماك الخاصة التى لها مثل هذه الأعضاء كاف فى حد ذاته لتنبيه الأذهان نحو السبب المحتمل لبقائها حية — وهى فى الواقع تراكيب تساعد الحيوان فى الحصول على الحد الأقصى للأكسيجين فى المياه الراكدة بسبب الجفاف . ( وبالطبع تكون حاجة الحيوان للأكسيجين



شكل ٢٣٣ — شكل اليرقة فى السمكة البدائية مشععة الزعانف الأفريقية — بوليبترس — الخيشوم الخارجى الكبير يمتد الى الخلف فوق الزعنفة الصدرية ( عن دين )

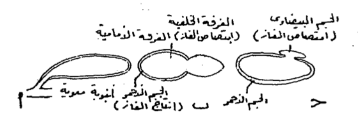
فى أوج ارتفاعها فى عملية النمو السريع المميز للمراحل الجنينية اليرقيـة ) . والاحتمال الظاهر ان هذه التراكيب الخاصة باليرقات كانت مميزة لها ــ كما كانت الرئات ــ لأسلاف الأسماك العظمية وتم الاستغناء عنها بعـد ذلك فى معظم أفراد هذه المجموعة . وتوجد هذه التراكيب فى البرمائيات بنظام مثالى فى الذيليات واللاقدميات أيضا . وتبـدأ الخياشيم الخارجية فى البرمائيات اللاذيلية فى الظهور فى مرحلة مبكرة ، ثم تغطى منطقة الخياشيم على الجانبين بعد ذلك ثنية كبيرة من الجلد تسمى « غطاء الخياشيم » ، وهو لا يشبه ذلك التركيب الموجود فى السمك . وتوجد تحت هذا الغطاء كتلة من الأنسجة الخيطية الخيشومية التى يبدو انها تنشأ جزئيا من الخياشيم الخارجيـة وجزئيا من نموات خارجية من التراكيب الخيشومية الداخلية .

وبظهور الرئات وما يتبع ذلك من تطور الى الحياة الارضـية نجـد ضمورا بالغا فى حجم البلعوم ونقصا فى أهميته فى البرمائيات البالغة وجميـع الرهليات . وفى البرمائيات تفتح الفتحات الخيشومية بدرجات متفاوتة فى اليرقات ، ولكن لا تقوم الخياشيم الداخلية بأية وظيفة مطلقا (ماعدا فى الحالة الشاذة التى أشرنا اليها فى الضفادع ) . وباستثناء الأنواع التى تظل فى طور اليرقة تختفى الفتحات فى الأطوار البالغة . وفى الحيوانات الرهليـة تتكون الجيوب الخيشومية عادة فى الجنين وتنـدفع نحو الخارج كما فى الأسماك لتقابل شقوقا سطحية من الاكتودرم . وتفتـح الفتحات الخيشومية لفترة مؤقتة أو لا تفتح اطلاقا . ويعيد جنين الحيوان الرهلى بطريقة محافظـة العمليات الجنينية للأجيال السالفة التى لا تحصى ، ولكن لا توجد ابدا اعادة حقيقية لتكوين الجهاز الخيشومى البالغ تام التكوين والذى يوجد فى أسلاف الأسماك .

وفى الحيوان الرهلى البـالغ ــ كما ذكرنا فى مقدمة هـذا الفصل ــ يحتفظ البلعوم بأثر بسيط لأهميته السابقة . وقد نشأت الرئات من البلعوم فى الأسماك ولا يزال المدخل الى الرئات موجودا فى قاع البلعوم . وتبقى من الجيوب الخيشومية فتحة المتنفس فى شكل متحور له علاقة بالأذن . وتختفى الجيوب الاخرى تماما فى الحيوان الرهلى اليافع .

## مثانة العـوم

تتميز الأسماك شعاعية الزعانف بوجود مثانة العوم وهى كيس طويل ينشأ كنمو ظهرى من الجزء الامامى للقناة الهضمية وهى قابلة للتمدد عادة وتمتلىء بالهواء او الغازات الأخرى ( أشكال ٢٣٤ ، ٢٣٥ أ ، جـ ) . ووظيفتها

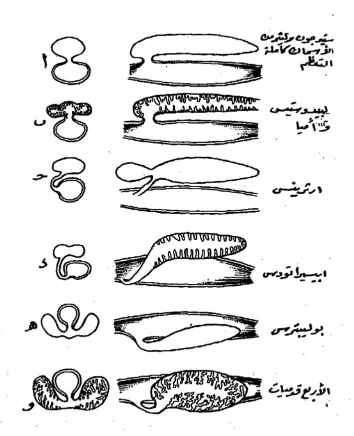



شكل ٢٣٤ ــ قطاعات طولية توضيحية للمثانة الهوائيــة فى مختلف الأسماك العظمية . أ ــ نوع بدائى يفتح فى المعى . ب ، جـ انواع مقفلة مع جسم أحمر ينتج الغاز ومناطق أخرى لامتصاص الغاز .

الرئيسية أنها عضو للتوازن المــائى ، فامتلاؤها او تفريغها يغير الكثافـــة النوعية للسمكة ويساعدها على البقاء على عمق من المــاء يناسب طبيعتها . ولذا يتضـــح أن هـــذا التركيب أكثر فائدة فى الاسماك التى تعيش فى المياه العميقة وخاصة فى المحيطات . فسمكة البوليبترس ــ هى أكثر الأسماك مشععة الزعانف بدائية ــ ليست لها مثانة عوم بالمعنى السابق ،ولكن يوجد بدلا منها زوج من الرئات البطنيـــة . أما فى كل الأسماك مشععة الزعانف الأخرى فلها هذه المثانة الهوائية باستثناء بعض الأسماك كاملة التعظم حيث يكون فقدانها ثانويا . ويظهر أنه من المؤكد أن مثانة العوم ممــا تختص به الأسماك مشععة الزعانف ، وانها قد نشأت فى مرحلة مبكرة من تاريخها ، وهى غير موجودة فى أية مجموعة أخرى من الأسماك مهما تكن .

وتتصل المثانة الهوائية فى أكثر حالاتها بدائية بالبلعوم بقناة هوائيـــة تأخذ السمكة عن طريقها الهواء عندما ترتفع الى سطح الماء . كما أنه عن طريقها أيضا يخرج الهواء . وفى الأسماك كاملة التعظم الأكثر تخصصا قـــد يزاح اتصال هذه القناة بالقناة الهضميـــة الى الخلف كثيرا . وفى كثير من الأسماك كاملة التعظم المتقدمة يختفى هذا الاتصال تماما ، وفى هذه الأنواع تصبح جدر مثانة العوم متخصصة لافراز الغاز الذى يستطيع ملء المثـــانة، كما توجد منطقة أخرى متخصصة لامتصاص هذا الغاز الذى تكون ( شكل ٢٣٤ ب ــ جـ ) .

وفى بعض الحالات وبالأخص فى الأسماك المشععة الزعانف البدائيـــة نسبيا مثل الآميا وابو منقار تشـــبه المثانة الهوائية الرئة فى أنسجتهــا (شكل ٢٣٥ ) ب ) ، وهى تركيب تنفسى مساعد . ويشير هذا الى احتمال ان تنفس الهواء كان الوظيفة الرئيسية للمثانة . وتختلف المثانة عن الرئات فى انها



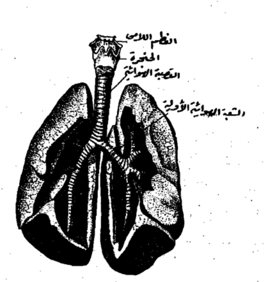

شكل ٢٣٥ ــ رسوم توضيحية لقطاعات عرضية وطولية فى المثانة الهوائية او الرئة فى أسماك مختلفة وفى رباعيات القدم . ا ــ المثانة الهوائية الظهرية المثالية فى الأسماك المشععة الزعانف . ب ــ مثانة توجد فى الهولسيتى وبالسطح الداخلى ثنيات لها القدرة على القيام ببعض التنفس . ــ جـ نموذج عادى من الأسماك كاملة التعظم لها فتحة جانبية توحى بمرحلة انتقال من الرئة الى المثانة الهوائية . د ــ السمكة الرئوية الأسترالية وقد انحرفت الرئة ذات الفصين الى الجهة الظهرية مع بقاء الفتحة فى وضع بطنى . هـ ــ السمكة المشععة الزعانف القديمة ــ البوليبترس ــ ولها رئة بطنية ، من المحتمل أن تكون بدائية وأن تكون الأصل لكل الرئات الأخرى أو المثانات الهوائية . و ــ نموذج الرئة التى تتكون فى الفقاريات الأرضية مع تركيب داخلى معقد ( عن دين ) .

ظهرية الموضع كما انها مفردة وليست مزدوجة . ومع كل فيعتقد بعض علماء التشريح أن الاثنين فى بعض اشكالهما ــ الى حد ما ــ تراكيب متشابهة . وسوف نناقش ذلك فيما بعد ، بعد مناقشة تاريخ الرئات .

## الرئـــات

**تركيب الرئة :** تختلف الرئات عن الخياشيم من الناحية التركيبية ولو أنهما متشابهتان فى الوظيفة الأساسية ، وفى كونهما مشتقات بلعوميـــة ، وتحل الرئات محل الخياشيم فى الفقاريات المثالية التى تتنفس الهواء كوسط يصل عن طريقه الأكسيجين الى الدم والأنسجـــة . ويوجد لجهاز تنفس الهواء فى معظم رباعيات القدم نظام خاص نوضحه هنا فى هذه النقطة (شكل ٢٣٦ ) .. فالمدخل الى قناة الهواء عبارة عن فتحة وسطية بطنية فى البلعوم تسمى المزمار . وتتسع هذه القناة خلف المزمار مباشرة مكونة حجرة تسمى الحنجرة . وتوجد خلف الحنجرة قناة وسطية بطنية هى القصبة الهوائيـة التى تمتد الى الخلف لتنقسم الى شعبتين تؤدى كل واحدة منهما الى احدى الرئتين . والرئات الزوجية بطنية فى بداية تكوينها . وقد تمتد لتشغل مكانا جانبيا أو حتى ظهريا فى الجـــزء الأمامى للتجاويف السيلوميـــة . وتظهر التراكيب الرئوية فى الأجنة كجيوب وسطية بطنية متجهـة نحو الخارج من أرضية الزور عند النهاية الخلفية للبلعوم . وهى فى كثير من الحالات ذات فصين فى المراحل المبكرة . وتنمو براعم الرئات نحو الخلف مصحوبة بنسيج ضام يكسب جدرها صلابة ، وقد ينتج هذا النسيج عناصر هيكليـــة ذات صلة بالحنجرة والقصبة والشعيبات الهوائية .

وبالاضافة الى الطلائية الداخلية ذات النشأة الأندودرميـــة تتضمن



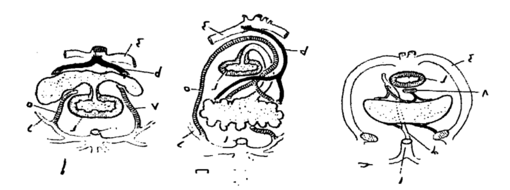

شكل ٢٣٧ ــ منظر بطنى للجهاز التنفسى فى الانسان . الرئة مفتوحة لاظهار الشعب ( عن تولدت )

الرئات فى مادتها كميات مختلفة من النسيج الضام والالياف العضلية الملساء وبطبيعة الحال وفرة من الأوعية الدموية من الجهاز الرئوى الخاص . والرئات مغطاة من الخارج بطلائية تجاويف الجسم الذى تقع داخله . وتتوقف كفاية الرئة اساسا على كمية السطح الغشائى الداخلى الموجود لتبادل الغازات . والطيور والثدييات ــ بنشاطها المتزايد وحاجتها للمزيد من الأكسجين ــ تزيد مساحة التبادل ، لا بزيادة حجم الرئات ، ولكن بزيادة فى تعقيد التقسيمات الثانوية الداخلية . وهنا كالمعتاد لا بد أن نضع فى اذهاننا العلاقة بين السطح والحجم . ففى الحيوانات كبيرة الحجم يجب الا يزداد حجم الرئات بنفس نسبة الزيادة فى الحجم أو تصبح الرئات أكثر تعقيداً فى تقسيماتها الثانوية حتى يتمشى السطح المعد للتبادل مع النمو الحجمى للأنسجة التى تتطلب الأكسيجين .

ويجب التنويه بنوع خاص الى ان الرئات ليست هى الوسط الوحيد للحصول على الأكسيجين الجوى، فقد يسمح اى غشاء رقيق بتبادل الغازات. والجلد فى رتب البرمائيات الحديثة ــ كما اشرنا من قبل ــ تركيب تنفسى هام تصل اليه الأوعية الدموية بغزارة . وفى الضفادع والعلاجم تتم كمية كبيرة من التنفس خلال الأغشية الرطبة للفم . وحتى فى احدى سلالات الأسماك كاملة التعظم مثل السمكة متسلقة الأشجار أناباس الموجودة فى جزر الهند الشرقية فانها تستطيع أن تتنفس الهواء بواسطة تراكيب تنمو من الحجر الخيشومية او فى داخلها وتظل رطبة تحت غطاء الخياشيم .

**الرئات فى الأسماك** : ولو أن رئات رباعيات القدم أعظم ما تكون تخصصا فى نموها الا انها من الناحية التطورية اقلّم التراكيب . وتوجد الرئات فى الأسماك الرئوية وهى التى اكتسبت هذا الاسم المشهور : « اسماك رئوية » نتيجة لهذه الحقيقة . ومن المؤكد ان هذه الرئات كانت موجودة فى اقرب اقاربها وهى الأسماك قصية الزعانف القديمة التى انحدرت منها الحيوانات الأرضية ، وبالاضافة الى ذلك فان الرئات موجودة فى البوليبترس ، وهى اكثر أفراد مجموعة مشععة الزعانف من الأسماك العظمية بدائية .

ورئات الأسماك ( اشكال ٢٣٥ د ، هـ ٣٢٧ أ ، ب ) بسيطة فى تركيبها . ففى البوليبترس تؤدى فتحة فى أرضية البلعوم الى كيس ذى فصين ، ويمتد هذان الفصان الى الخلف وعلى كل جانب من جانبى المرئ .



شكل ٢٣٧ ــ رسوم توضيحية لقطاعات عرضية فى الأسماك العظمية ( تشاهد من الخلف ) وهى تبين مكان الرئة او مثانة العوم والأوعية الدموية المتصلة بها . أ ــ بوليبترس سمكة مشععة الزعانف بدائية برئة مزدوجة بطنية . ب ابيسيراتودس سمكة رئوية برئة واحدة ظهرية ولكن لها فتحة بطنية من المعى . جـ ــ سمكة كاملة التعظم بمثانة هوائية ( القناة مفقودة ) ، الامداد الشريانى فى الرئة من القوس الشريانى الأخير . فى ب ــ يدل تقوس الوعاء الدموى من القوس الايسر تحت المعى على طريق الحركة الظهرية للرئة . فى الأسماك كاملة التعظم يكون الامداد الشريانى الى المثانة الهوائية من الأبهر الظهرى ( عن طريق الشريانى السلاقى ) . فى الرئة تكون عودة الدم الوريدى الى القلب مباشرة ، تظهر اوردة الأبيسيراتودس حالةغير متماثلة اذا قورنت بحالة الشرايين . ومن المثانة الهوائية يعود الدم الى القلب عن طريق الجهاز الوريدى العادى .

١ ــ ابهر ظهرى ٢ ــ القوس الأبهرى السادس ٣ ــ الشريان السلاقى ومنه تتجه أفرع الى المثانة الهوائية فى الأسماك كاملة التعظم . ٤ ــ الوريد الرئيسى المشترك ( قناة كوفييه ) . ٥ ــ الشريان الرئوى الأيسر . ٦ ــ المرىء . ٧ ــ الوريد البابى يصفى أجزاء من الدم من المثانة الهوائية فى الأسماك كاملة التعظم . ٨ ــ الشريان الرئوى الأيمن . ٨ ــ الأوردة الرئوية . ( عن جودريش ) .

وفيما عدا استطالة احدالفصين فانها تشبه البرمائيات . ويظهر أن هذه الرئات بدائية للغاية فى طبيعتها . ويوجد بعض التحور فى الأسماك الرئوية ، فمع ان الفتحة تفتح كالمعتاد فى ارضية البلعوم الا أن القناة تنحنى الى أعلى حول الجانب الأيمن للبلعوم ، وبذا تكون الرئات ( التى قد تكون ملتحمة جزئيا أو كليا لتكون وحدة واحدة ) ظهرية فى وضعها . والطريق الذى تسلكه هذه القناة يدعو الى الافتراض بأن الموضع الظهرى للرئة موضع ثانوى .

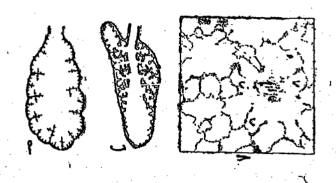
ونستطيع دعم هذا الافتراض اذا اخذنا فى الاعتبار الامداد الدموى ؛ اذ ان جزءا من الرئة يمد بالدم شريان ( شكل ٥٣٧ ب ، ٥ ) يسـلك طريق الحنجرة التطورى المفترض فى التفافه بطنيا حول المرىء من الجانب الأيسر للجسم ليصل الى الرئة .

ويوحى النمو الجنينى للرئات بأنها نشأت فى أثناء عملية التطور كجيوب من الطبقة الطلائية الرطبـة للبلعوم ، وهى التى أصبحت متخصصـة فى امتصاص الأكسيجين الجوى . ولكن متى ولمـاذا نشأت ؟ لما كانت هذه الرئات توجد فى كل من لحمية الزعانف والأسماك مشععة الزعانف الأكثر بدائية فانه يظهر ان تاريخها يرجع الى التاريخ المبكر جدا للأسماك ، وهناك ايضا مايثبت وجودها فى قشرية الجلد القديمة جدا وهى مجموعة من الفقاريات توجد فى أدنى درجات السلم التطورى للفقاريات ذوات الفكوك . ويظهر أن ظروف الجفاف الموسمى التى شرحت من قبل والتى كانت سائدة فى الأيام الأولى فى أثناء تطور الأسماك قد تكون هى السبب فى تطور الرئات كأعضاء تنفسية مساعدة عندما يصبح الماء راكدا أو عندما تجف مجاريه .

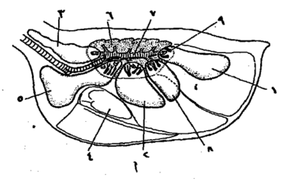
واذا افترضنا ان الرئات ومثانة العوم تراكيب متشابهة فأيهما الأصل ؟ يعتقد الكتاب الأوائل انه مادامت مثانة العوم من تراكيب الأسماك ، فى حين ان الرئات من المميزات الأولى لرباعيات القدم ، كانت مثانة العوم اذا هى السلف للرئات . ولكن اذا أخذنا فى الاعتبار الأسانيد التى لدينا فانهـا تشير الى احتمال أن العكس هو الصحيح . فالرئة بدائية ، ومثانة العـوم ومشتقاتها نشأت فى أثناء تطور قسم الأسماك مشععة الزعانف من الأسماك العظمية ، وهى التى توجد المثانة فيها فقط . ويرتبط هذا بحقائق معروفة فى تاريخها . وقد بقيت الرئة كما هى فى الأسماك الحديثة فى أنواع قليلة لا تزال تعيش فى المناطق الاستوائية التى تجف موسميـا . ولا تعيش معظم الأسماك مشععة الزعانف سواء فى المياه العذبة أو المحيطات حيث تسود مثل هذه الظروف . وعندئذ تصبح الرئات قليلة الأهمية أو عديمة الأهمية لمثل هذه الأسماك ، ولكن اذا تحولت الى مثانة ظهرية تستطيع ــ وقد أصبحت فعلا ــ أن تكون عضوا للتوازن المـائى ذا فائدة وخاصة فى الوسط البحرى حيث حدث تطور معظم أسماك مشععة الزعانف المتأخرة .

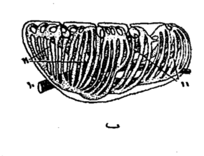
**الرئات فى رباعيات القدم :** تظل الرئات فى البرمائيات تراكيب بسيطة نسبيا ذات تقاسيم داخليــــة قليلة ( شكل ٢٣٨ أ ) . ويظهـــر فى كثير من الزواحف تقدم قليل ( شكل ٢٣٨ ب ) . ولكن فى بعض العظايا « السحالى » وفى السلاحف والتماسيح يتضاعف عدد الحواجز والأقسام الداخلية التى تحول الرئة الى تراكيب أكثر تعقيدا ونسيجا يشبه الاسفنج . وفى البرمائيات الحديثة حيث لا توجد الضلوع تملأ الرئات بابتلاع الهواء بطريقة تشبه عمل المضخات . وفى أغلب الزواحف ترفع عضلات الجذع الضلوع وبذا يتمدد التجويف البطنى المحتوى على الرئات فيدخل الهواء بطريقة الشفط ( تغلف السلاحف صدفة صلبة ، ولذا يعتمد عمل الرئة اساسا على عضلات بطنية خاصة )

وتكون الرئات نفسها فى الطيور صغيرة ومدمجة ، ولكن الجهاز التنفسى معقد فى التركيب والوظيفة . وتنشأ خارج نطاق الرئات اربعـــة ازواج من الأكياس الهوائية التى تغزو كل جزء كبير فى الجسم ( أشكال ٢٣٩ ، ٢٤٠ ) . وحتى خارج نطاق هذه الأكياس قد توجد ممرات هوائية تغزو عناصر الهيكل العظمى . وتمتص الأكياس نفسها قليلا من الاكسيجين ، ولكنها بالرغم من ذلك تلعب دورا كبيرا فى التنفس. ويسحب الهواء نتيجة لرفع الضلوع حيث يزداد حجم الجذع ويمر الهواء الى الداخل خلال الرئات وعن طريق قنوات متصلة بالشعب الهوائية الى الأكياس الهوائية . ويحدث التنفس أساسيا




شكل ٢٣٨ ــ قطاعات توضيحية فى الرئة ــ أ ــ الضفدعــة . ب ــ سحلية جـ ــ قطاع فى منطقة صغيرة من رئة الانسان مكبرة ٥٠ مرة تبـين تركيبها المعقد . ١ ــ قناة حويصلية وهى أصغر مكونات الجهاز القنوى . ٢ ــ احدى الحويصلات التى تؤدى اليها ( عن فياليتون ، ب عن جودريش)




شكل ٢٣٩ ــ أ ــ شكل توضيحي لجذع طائر كما يرى من الجانب الأيسر موضحا مكان الأكياس التنفسية ١ ــ كيس هواء بطني . ٢ ــ كيس صدري امامي . ٣ ــ كيس هواء عنقي . ٤ ــ القلب ٥ ــ كيس هواء بين ترقوي . ٦ ــ رئة يسرى . ٧ ــ شعبية تمر من خلال الرئة وتؤدى من القصبة الهوائية الى الأكياس الهوائية المختلفة . ٨ ــ الكيس الهوائي الصدري الخلفي . ٩ ــ الشعيبات التى تعود بالهواء من الأكياس الى المناطق التنفسية فى الرئات .

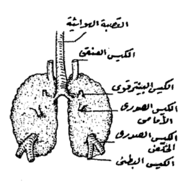
ب ــ شكل جانبى للرئة اليسرى فى طائر . ١٠ ــ الشعيبية الأولية تمر بطول الرئة الى الكيس البطنى وتتفرع منها أفرع تؤدى الى الأكياس الهوائية الأخرى والى الشعيبات الجانبية ١١ ــ وتتصل هذه عند نهايتها بالشعيبات . الشقوق فى الخط الظهرى للرئة هى علامات الضلوع .

(أ عن جودريش ، ب عن لوسى ولارسل)

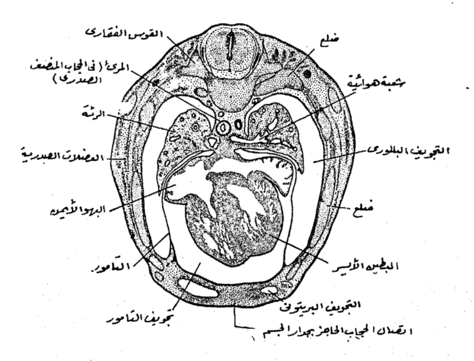
عن طريق « رحلة العودة » من الأكياس ، فهناك قنوات صغيرة تؤدى من الأكياس الهوائية الى الممرات والأسطح التنفسية الرئوية ثم الى الخارج للشعب الهوائية . وبذا يكون التركيب الداخلى لرئة الطائر لانظير له (شكل ٢٣٩ ب ) ، ففي الحيوانات الرهلية الأخرى توجد الأغشية التنفسية فى حويصلات أعورية ( مغلقة ) ولا يوجد شيء كهذا فى رئة الطائر ؛ اذ أن كل ممر صغير أو كبير مفتوح من نهايته ، ولذا يوجد دوران حقيقي للهواء .

وتوجد فى الثدييات رئات كبيرة تشغل جزءا كبيرا من حجم الصدر ولكنها تشكل تركيبا أسهل مما هو فى الطيور . فهى مقسمة بدقة الى حويصلات دقيقة لا يحصى عددها ( شكل ٢٣٨ جـ ) ، ويصل اليها الهواء عن طريق مجموعات متفرعة من الشعب الكبيرة والصغيرة واخيرا الى الشعيبات . وتتجمع الحويصلات على القنوات النهائية كما تتجمع حبات العنب على عناقيدها . وفى جنين الثدييات ( شكل ٢٤١ ) يغزو برعم الرئة كتلة متماسكة من الميزنكيم ، وفى داخلها تطول الرئة بالتبرعم المتكرر وانقسام التجاويف

الى تركيبها البالغ . ويتم التنفس عن طريق جهاز خاص ذى كفاية عاليـــة ( تشبه الى حد ما ما هو موجود فى التماسيح والطيور ) . ولم تعد الرئات

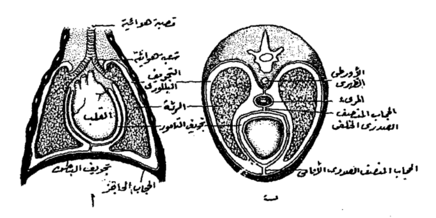



شكل ٢٤٠ ـــ منظر بطنى لرئة طائر لايضاح اتصالها بالأكياس الهوائية المختلفة .

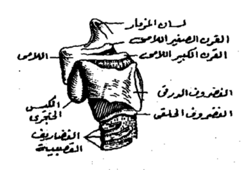



شكل ٢٤١ ـــ قطاع عرضى فى جنين الانسان ( ٨ أسابيع ) يوضح تكوين الرئات وتجويف البللورا وتجويف التامور والقلب . ( عن آرى ) .

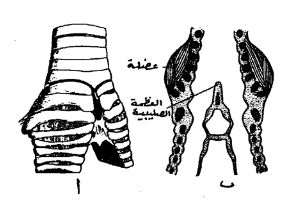
واقعة داخل التجويف البطنى العام كما فى زباعيات القدم البدائية ، ولكن تقع كل رئة داخل تجويف بللورى خاص بها ومغلق من الخلف بتكوين الحجاب الحاجز ( شكل ٢٤٢ ) ويحدث اتساع التجاويف ،



شكل ٢٤٢ — قطاع توضيحى طولى ( أ ) وعرضى ( ب ) للصدر فى الثدييات يبين مكان القلب والرئتين والتجويفين البللورى والتامورى .



شكل ٣٤٣ — منظر جانبى لحنجرة القرد روسس . يقع الجهاز اللامى بقرونه الكبيرة والصغيرة أعلى وأمام الحنجرة . وللقرد روسس حجرة رنين فى الكيس الحنجرى . يرى الغضروف الدرقى والغضروف الحلقى والغضاريف القصبية وكذلك غشاء يصل الغضروفين اللامى والدرقى . تمر من الغضروف الدرقى الى الغضروف الحلقى عضلة وتغطى معظم الغضروف الحلقى . توجد عضلات عديدة أخرى صغيرة خاصة بالحنجرة وتقع عميقة فى الداخل ولا ترى هنا . ( عن هارتمان وستراوس )




شكل ٢٤٤ ــ الحنجرة السفلى ( المحقن ) لطائر مغنى
ا ــ منظر خارجى . ب ــ قطاع فى الاغشية المهتزة على السطح الداخلى للشعبتين المتقابلتين عند قاعدة القصبة الهوائية ليكونا العظم الصليبى الوسطى . وقد تتكون اغشية اخرى بين الحلقات المتمددة عند فرعى القصبة وتسيطر على المحقن عضلات من المجموعة تحت الخيشومية ( عن هيكر ) .

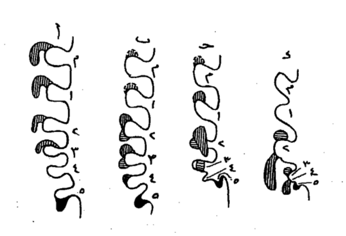
ومن ثم اتساع الرئتين بحركة الحجاب الحاجز الى اسفل وحركة القفص الصدرى ، وهذان العاملان متكافئان فى التأثير ، وربما كان لأولهما الأثر الأكبر .

وبزيادة أهمية الرئات فى الفقاريات الأرضية اصبحت الحنجرة فى الثدييات ممرا يؤدى الى الرئات ومحاطة بمجموعة من الغضاريف أو العظام ( شكل ٢٠٩ ) ، كما تكون شريط من الجلد هو لسان المزمار ليغطى مدخلها . وقد اكتسبت الضفادع وقليل من العظاءات « السحالى » وعلى الأخص اغلب الثدييات القدرة على احداث الصوت وذلك عن طريق نمو حيود مرنة هى الأحبال الصوتية التى تمتد عبر الحنجرة . ولا تتكون مثل هذه الأحبال فى الطيور ، ولكن يحدث الصوت فى عضو يسمى الحنجرة السفلى ( شكل ٢٤٤ ) وينشأ أصلاً فى نهاية الزور عند نقطة انقسام القصبة الهوائية . وبتكوين الرقبة فى رباعيات القدم تتحول القناة الأصلية القصيرة التى تؤدى من الزور الى الرئتين الى القصبة الهوائية الطويلة وتقوى جدرها عادة بغضاريف تأخذ شكلا حلقيا فى الرهليات . وتنقسم القصبة الهوائية فى الرهليات الى شعبتين هوائيتين قبل الوصول الى الرئتين .

## المشتقات البلعومية

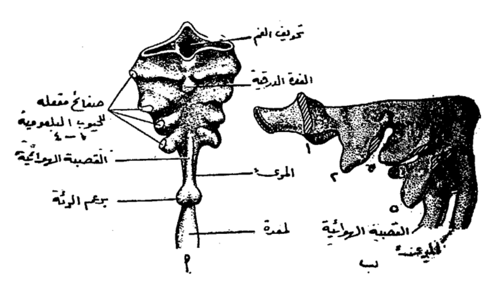
البلعوم هام فى كل مجموعة من الفقاريات كأصـــل جنينى للتراكيب الغدية التى تنشأ غالبا من الجدر الطلائية للجيوب الخيشومية ( شكلى ٢٤٥، ٢٤٦ ) مكونة كتلا مختلفة من الانسجة فى منطقة الزور فى الطور البالغ ، ومعظم هذه الغدد صماء فى طبيعتها وسنؤجل وصفها الى الفصل ١٧ .

**الغدة التيموسية :** لا توجد غدة تيموسية متكونة فى الجريثات ووجودها فى الجلكى مشكوك فيه ، وفيما عدا ذلك فهى دائمـــا موجودة حيث تكون غالبا واضحة وظاهرة الاهمية ولكن وظيفتهـــا غير مؤكدة . وهى تتكون من مجموعات من النسيج شبه الغدى الذى يوجد فى تنظيم متغير فى منطقـــة الخياشيم أو الزور . وعند تمام نموها تتشكل الغدة الى فصيصات يحوى كل منها على قشرة مملوءة بالكريات الليمفية ونخاع يحتوى دائما على نسيج

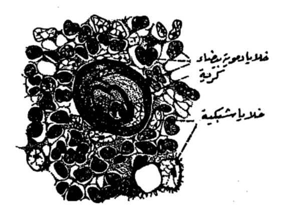



شكل ٢٤٥ ــ رسوم توضيحية للجيوب الخيشومية على الجهةاليسرى للبلعوم فى أ ــ قرش ، ب ــ حيوان برمائى ذيلى ، جـ ــ سحلية ، د ــ ثدييات مثالية لايضاح اشتقاق الغدد التيموسية وجـارة الدرقيـة والأجسام الخيشومية الاخيرة والجزء الظهرى لكل جيب خيشومى ــ كما يتطلب الرسم ــ موجود على الجانب العلوى . الخط المتقطـع مشتقـات تيموسية . الخطوط الطولية الغدة التيموسية . الخطوط العرضية جارة الدرقية . اما الكتل السوداء فتمثل الجسم الخيشومى الاخير م ــ جيب المتنفس . ( اساسا عن موور ) .

شبكى واضح(شكل ٢٤٧).وتوجد المادة التيموسية فى الأسماك عميقة تحت السطح عادة فوق أغلب أو كل الفتحات الخيشومية . ويوجد النسيج




شكل ٢٤٦ — منظر بطنى لنموذج يمثل الجزء الأمامي من قناة المعى وما ينمو منها فى جنين ثديى ( الانسان ) . ب — منظر جانبى للبلعوم فى جنين أكبر قليلا . الصفائح التى تفصل اطراف الجيوب الخيشومية عن السطح ( مخططة ) . الجيوب الخيشومية بما فيها جيب المتنفس ( الأذن الوسطى ) تدل عليها الأرقام . ( عن آرى ) .




شكل ٢٤٧ — جزء صغير من الغدة التيموسية فى الثدييات يبين الكريات الدموية البيضاء العديدة والخلايا المكونة للشبكة وواحد من الكريات الخاصة المميزة لهذه الغدة . ( عن دالجرن وكبنر ) .

التيموسى فى اغلب رباعيات القدم فى أشكال متغيرة ، وغالبا ما يكون على شكل زوجين من الكتل النسيجية فى منطقة الرقبة . وفى الثدييات يتكون عادة من زوج واحد من الغدد عند الطرف الأمامى للصدر حيث تتعمق حتى القص . وتنشأ الغدة التيموسية ، أو على الأقل جزئيا ، من تغلظات فى طلائيــة الجيوب الخيشومية الجنينية وعادة من حافاتها الظهرية . وعلى كل فهناك اختلافات كثيرة بالنسبة للجيــوب المكونة ؛ ففى الأسماك ينتـــج كل جيب خيشومى حقيقى مادة تيموسية ولكنها تتكون من جيب واحد أو اثنين فى رباعيات القدم . اما فى الثدييات فالجيب الخيشومى الثانى بعد المتنفس هو عادة مكان ظهور الغدة التيموسية حيث تتبرعم من الحافة البطنية اكثر من الحافة الظهرية للجيب . ويظهر بشكل قاطع أن النسيج الشبكى للغــــدة ينشأ من الطبقة الطلائية ، ولكن تنشأ الخلايا الليمفاوية ( كما هى الحال فى خلايا الدم الاخرى ) من الميزنكيم .

وتنمو الغدة بسرعة فى أثناء الحياة الجنينية ، ولكنها تتوقف عن النمو قبل الوصول الى المرحلة اليافعة . وقد يعتريها التحلل فى رباعيات القدم ولكن نجد فى كثير من الثدييات اليافعة أن الغدة التيموسية قد اختفت تماما . ورغم البحوث الكثيرة فاننا لا نعرف الا القليل عن وظائف الغدة التيموسية ، وذلك فيما عدا الحقيقة الخاصة بانها قد تكون مكانا لنشأة كرات الدم البيضاء على الأقل فى صغار الحيوانات .

الفصل الثاني عشر

# الجهـــاز الهضـــمى

الفم والبلعوم اللذان وصفا فى الفصل الأخير هما منطقتا الحراســة الامامية للقناة الهضمية ، وواجبهما الأساسى هو جمع المواد الغذائية . أما عملية الهضم فهى وظيفة بقية القناة الهضمية التى يشير اليها اللفظ البسيط القــديم الأنجلو سكسونى المعى . وســوف يؤخـــذ المعى فى الاعتبـــار كما هو محدد مع ما يمنو منه ــ الكبد والبنكرياس ــ فى هذا الفصل .

**وظائف المعى :** يمكن التحدث عن وظائف المعى تحت أربع نقط رئيسية

١ ــ النقل : بمجرد ان تجمع المواد الغذائية يجب ان تمضى خلال « خط التفتيت » فى مناطق القناة المتتالية ، كما يجب أن تنبذ الفضلات فى النهاية كبراز . ومع أن الأهداب توجد فى طلائية المعى فى بعض الحالات الا أن عملية النقل هى أساسا وظيفة العضلات الحشوية التى تحيط بالأنبوبة الهضمية كلها . وهى عادة عضلات ملساء ، وقد تكون أحيانا مخططة الى درجة ما فى الطرف الأمامى للمعى . والعضلات الملساء مرتبة فى شرائح من الأليــاف الموجودة على هيئة الياف طولية ودائرية تؤثر فيهــا أعصاب من الجهــاز العصبى الذاتى ( غير الارادى ) . ولكنها تعمل مستقلة الى درجة كبيرة عن مراقبة الجهاز العصبى المركزى . ومعظم النشــاط العضلى الذى يسبب حركة المواد الغذائية عبارة عن « حركة دورية » ــ موجات متتــابعــة من الانقباضات العضلية التى تسبب ضيقا فى المعى وينتقل الى الخلف دافعــة الطعام أمامها .

٢ ــ المعاملة الفيزيقية : قد يدخل الطعام القناة الهضمية فى كتل كبيرة يجب أن تقل فى الحجم قبل أن تتعرض لأية معالجة كيماوية فعالة والمؤثر الذى يؤثر هنا ( بعكس الحركة الدودية ) هو الانقباضات المتتالية لعضلات المعى حيث تحول الطعام الى لبابة لينة « الكيموس » .

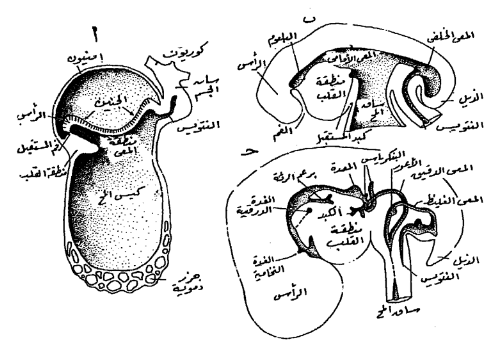
٣ ــ المعاملة الكيماوية : وتلك هى الهضم بمعناه الصحيح أى تكسير المواد الخام المفيدة الموجودة فى الطعام الى مواد ابسط نسبيــا يمــكن أن تستعملها خلايا الجسم . وتمتص بطانة الأمعاء الماء والأمــلاح الضرورية

بسهولة ، اما المواد الأخرى التي يحتاج اليها الجسم ــ السكريات البسيطة والدهون والأحماض الامينية ــ فتدخل المعى عادة على شكل مواد معقدة يجب تكسيرها الى وحدات ابسط قبل أن تستطيع الخلايا استعمالها ، أو حتى تستطيع جدر المعى امتصاصها ومنها الى الأوعية الدموية . ويتم هذا التكسير بواسطة الانزيمات التي تفرزها خلايا المعى ونتوءاتها . ولكن لكي تعمل هذه الانزيمات عملها لا بد من اطلاقها في تجويف المعى حيث تهاجم المواد الغذائية هناك .

٤ ــ الامتصاص : وعندما يتم هذا التكسير الكيماوى تمتص النواتج عن طريق جدر المعى ، وتدور فى خلايا الجسم ومناطق التخزين ؛ فتذهب السكريات والأحماض الامينية عن طريق الاوردة الى الكبد ومنه الى القلب والجسم ، فى حين يصل جزء من الدهون عن طريق الأوعية الليمفاوية الى الدورة العامة .

**التكوين** : لقد شرحنا تكوين المعى القديم أو المعى الأولى بطريقة ما فى الفصل الخامس . ففى السهيم ( شكلى ٥٢ ، ٦٦ ) يكون المعى منذ البداية على شكل جيب اسطوانى بسيط . وفى البيض متوسط المح مثل بيض البرمائيات يتكون المعى المبكر بطريقة متشابهة الا ان ارضية المعى تتمدد بطريقة تشبه « الكرش » بواسطة كتلة من خلايا المعى الغنية بالمح ( شكل ٧٠ ) . وفى البيض بعيد المح فان وجود كمية كبيرة من المح يسبب تغييرا جذريا فى التكوين الأولى للمعى . ففى مراحل النمو الأولى لا تكون بطانة الامعاء قناة مغلقة ولكنها تنتشر فوق المح الذى يحيط به اخيرا كيس هو امتداد لتجويف الامعاء . وفى النهاية فقط يختنق مدخل هذا الكيس وتتخذ الامعاء شكلا انبوبيا ( شكلى ٦٣ ا ، ب ، ٧١ د ، هـ ، ) . وتتبع الثدييات بالرغم من غياب المح نفس الأسلوب فى التكوين ، وتكون كيسا للمح ولو انه كيس فارغ . ويوجد فى كل الرهليات جيب ثان آخر خلف الامعاء هو الرهل ومنه تنشأ المثانة البولية فى الحيوان اليافع ( اشكال ٦٣ ب ، د ، ٧٤ ) .

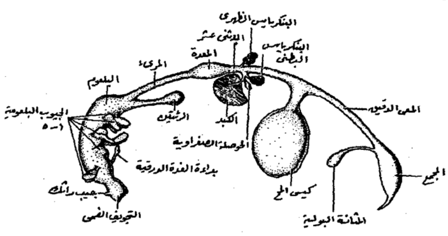
ومع كل ففى كل الحالات يصبح المعى فى النهاية تركيبا انبوبيا . وفى اغلب الحالات يظل المعى بعضا من الوقت مغلقا عند كل من طرفيه . وينشق الطرف الامامى فى النهاية كما اشرنا فى الفصل الاخير ليتصل بانخفاض الفم .




شكل ٢٤٨ ــ رسوم توضيحية تشرح تكوين القناة الهضمية فى الثدييات ( الانسان ) . أ ــ طور متأخر الى حد ما عن الطور الذى شرح فى شكل ٦٣ ج . ب ــ طور متأخر قليلا عن ذلك المذكور فى شكل ٦٣ د . جـ ــ جنين عمره يقرب من عمر الجنين المذكور فى شكل ٧٤ ( عن آرى ) .

وفى كثير من النماذج الفقارية كما رأينا توجد فى الجاسترولا فتحة خلفية تسمى الثقب الجرثومى ، وهى التى تكون تقريبا فى منطقة فتحة الأست أو فتحة المجمع فى الحيوان اليافع ، ولكن فى النماذج كثيرة المح فان هذه الفتحة فى أحسن تكوين لها وقتية فى طبيعتها ، وعلى أى الحالات يقفل الثقب الجرثومى سريعا ، وبهذا ينتهى المعى نهاية أعورية فى الخلف كما فى الأمام فى الجزء الأكبر من الحياة الجنينية . ويشبه نمو المدخل الفمى فى الأمام ظهور المعى الشرجى فى الخلف ( شكل ٢٠٦ ) وهو عبارة عن حفرة من الاكتودرم تنخفض الى الداخل ويفصلها عن الطرف الخلفى البعيد لقناة المعى غشاء يختفى فى النهاية . وتزداد الأمعاء فى الطول أثناء ذلك وتتميز المناطق المتتابعة الى المناطق الموجودة فى الطور البالغ ( شكلى ٢٤٨ ، ٢٤٩ ) . ومن بين هذه المناطق البلعوم الذى سبق وصفه فى اقصى الأمام والمجمع فى اقصى الجزء الخلفى وهو الذى يرتبط وجوده ارتباطا وثيقا بالأجهزة البولية

والتناسلية وكذلك الجهاز الهضمى ، ولهذا فمن المستحسن تأجيل الكلام منهما . وبحذف هذه المناطق تتبقى للأخذ فى الاعتبار القطع الكبيرة من القناة الاندودرمية والتى يحدد لها للأغراض الحالية كلمة معى .

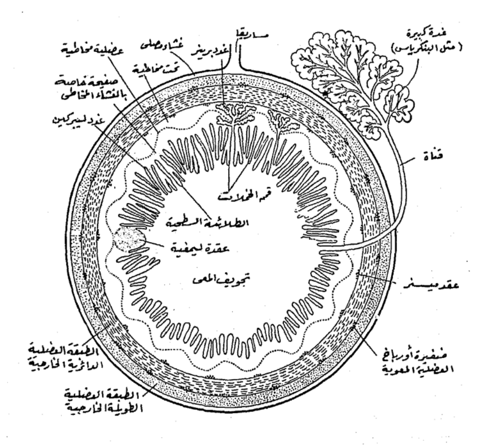



شكل ٢٤٩ ــ شكل توضيحى للقناة الهضمية ونتوءاتها فى جنين رهلى يشبه ما هو موجود فى شكل ٢٤٨ جـ . ولكن تظهر التراكيب هنا كأشياء مجسمة لا كقطاع . (عن تيرنر) .

**مناطق المعى وتركيب القناة :** ان دراسة الفقاريات العليا تعطى المرء فكرة على ان تتابع التراكيب على طول المعى ثابت ومنتظم ، وهكذا يكون المرىء ثم المعدة والأمعاء الدقيقة والأمعاء الغليظة ثم المستقيم ففتحة الأست. ولكننا حين ننظر الى المجموعات الأدنى نجد الصورة غير واضحة (شكل ٢٥١). فالتمييز بين الأمعاء الغليظة والدقيقة غير واضح فى الفقاريات البدائية ، فقد يكون المرىء أثريا أو غير موجود وقد لا توجد المعدة فى بعض الأسماك . ويكون المعى بعد البلعوم فى السهيم ودائريات الفم وحدة انبوبية واحدة تختفى فيها الحدود المعروفة .

وعلى كل حال فمن الممكن التمييز بين منطقتين متتابعتين على الأقل لهذه الانبوبة فى جميع الفقاريات . فبين المعدة والأمعاء توجد عادة فتحة البواب الواضحة ، وهى عبارة عن اختناق عضلى يحرس المدخل الى الأمعاء. وفى الحالات التى تكون فيها هذه الفتحة غير تامة التكوين فان الحقيقة المعروفة بأن قناة الصفراء التى تأتى من الكبد تفتح فى الأمعاء خلف فتحة البواب مباشرة تمكننا من اقامة خط واضح محدد . وهنا سوف تسمى المنطقة التى امام البواب بالمعى الامامى وتلك التى خلفه بالمعى الخلفى . وقد

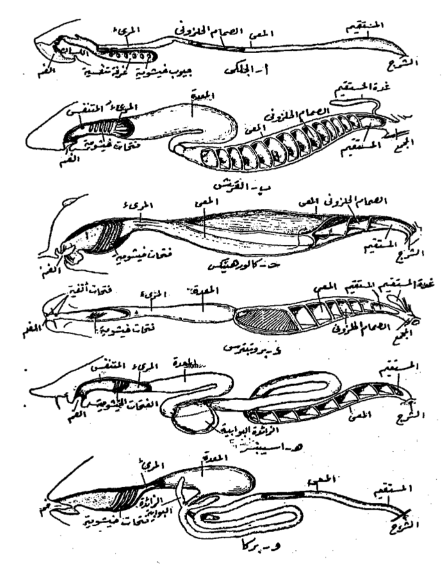
يظهر بدائيا أن المعى الخلفى الذى يكون الأمعاء كان يختص وحده بهضم وامتصاص الطعام وأن المعى الأمامى كان قليل التكوين . وفى الفقاريات المتقدمة نرى زيادة فى نمو واهمية المعى الأمامى ؛ وذلك أولا بتكوين المعدة فى معظم الفقاريات وثانيا بازدياد طول المرىء فى رباعيات القدم .




شكل ٢٥٠ – شكل توضيحى عام لقطاع عرضى فى المعى . فى النصف العلوى من الرسم الغشاء المخاطى مزود بالغدد والخملات ، وفى النصف الأسفل يحتوى على الخمائل فقط ، ضفائر ميسنر ( الضفائر تحت المخاطية ) وكذلك الضفائر العضلية المعوية عبارة عن جزء من الجهاز العصبى الذاتى . تمتد الغلالة المخاطية الى الخارج حتى المخاطية العضلية ويتبعها من الخارج فى القطاع النسيج تحت المخاطى والغلالة العضلية فى طبقتين وأخيرا الغلالة المصلية . غدد برونر وليبركوهن ، هما نوعان من الغدد يميزان الأمعاء الدقيقة فى الثدييات . ( عن ماكسيمووبلوم ) .

ورغم الاختلاف الشديد بين منطقة واخرى وبين نوع وآخر فانه توجد فى معظم المناطق صفات عامة معينـــة فى التركيب التفصيلى لانبــوبة المعى ( شكل ٢٥٠ ) . فالسطح الداخلى هو غشاء مخاطى يتكون اساسا من بطانة المعى وسمكه خلية واحدة فى مناطق كثيرة وبفرز عادة مخاطا فى بعض الحالات . وتكون هذه الطبقة البطانية فيما بعد غددا مختلفة تمتد خارجيا من انبوبة المعى . وخلف هذه الطبقة يوجد النسيج تحت المخاطى والذى يتكون اساسا من نسيج ضام يتضمن كثيرا من الأوعية الدموية . وتتضمن الطبقة العضلية طبقتين من العضلات الملساء ، الداخلية منهما طبقة دائرية والخارجية طولية ويقع اغلب المعى فى التجويف البطنى للسيلوم ؛ وبذا يحاط من الخـــارج بغلاف مصلى من الطبقة الطلائية للسيلوم مغلفة بنسيج ضام .

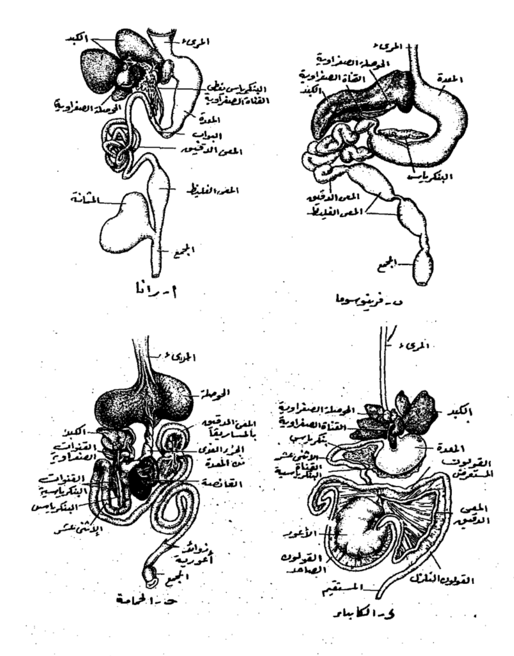
**المرىء** : المعى الأمامى ــ ليس فقط فى السهيم ودائريات الفم ولكن أيضا فى عدد لا بأس به من الأسماك ذوات الفكوك كما فى الكيميرا والأسماك الرئوية . وبعض الأسماك كاملة التعظم عبـــارة عن انبوبة بسيطة تقع بين البلعوم والأمعاء . وبالرغم من ان البلعوم والمعدة ينشآن من هذه الأنبوبة فى الفقاريات الأكثر تقدما الا أن كلمة « مرىء » قد تطلق على كل المعى الأمامى البسيط فى غياب تكوين المعدة . وفى جميع الأسماك الحيـــة الأخـــرى ــ صفيحية الخياشيم وغالبية الاسماك مشععة الزعانف ــ يترك تكوين المعدة جزءا قصيرا وغير محدد من الأنبوبة أمام المعدة يمكن اعتباره « مريئا » وفى الفقاريات الأرضية فان قصر البلعوم ( مع فقدان التنفس الخيشومى ) وما يصحب ذلك من تكوين الرقبة التى قد تكون طويلة احيانا يكون سببـــا فى تكوين أنبوبة مريئية محددة من المعى . وليست للمرىء وظيفة ما سوى نقل الغذاء . ولا تتكون الغدد الا قليلا فى المرىء فيما عدا بعض الخلايا المخاطية، كما أن الطبقة الطلائية تكون عادة من النوع المصفف الجامد ، ولكن توجد بهذه الطبقة فى بعض الحالات أهداب حتى فى الحيوان اليافع . كما يوجـــد غطاء عضلى جامد يتكون عادة من عضلات ملساء ، كما توجد فى اسماك كثيرة وفى الثدييات ايضا عضلات مخططة ولو انها حشوية الأصل ( قارن ص٢١٦) . وهناك تكوينان غير عاديين يجب الاشارة اليهما . ففى الجلكى ينقسم البلعوم كما راينا الى قسمين : الأسفل منهما جيب اعورى خـــاص بالخيـــاشيم ؛ فى حين يمتد الأعلى طوليا الى الأمام مكونا الأنبوبة المريئية ( شكلى ٢٢١ ب و ٢٥١ ) . وفى الطيور يمتد كيس قابل للتمدد هو الحوصلة التى تتكون فى




شكل ٢٥١ — القناة الهضمية فى أ — الجلكى . ب — القرش . ج — الكيميرا . د — سمكة رئوية . هـ — الستيرجيون . و — سمكة كاملة التعظم ( البيرش ) . المعدة فى الأسماك الرئوية غير غدية وهى عبارة عن امتداد بسيط من المرىء . ( عن دين ) .

طريق المرىء والتى تستخدم كمخزن مؤقت للحبوب والمواد الغذائية الأخرى وهى تفرز فى الحمام مادة لبنية تتغذى بها الصغار .

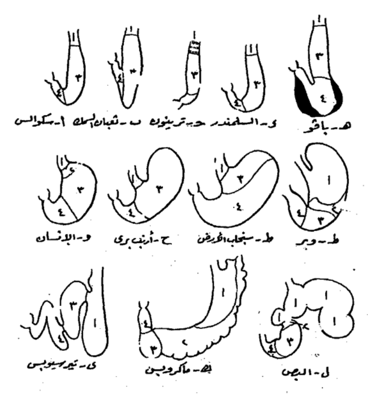
**المعدة** : ولو اننا اعتدنا على ان نفكر فى المعدة على انها جزء طبيعى من المعى الا انها غير موجودة فى انواع بدائية عديدة ، ليس فقط فى السهيم




شكل ٢٥٢ ــ أشكال توضيحية للقناة الهضمية وملحقاتها كما ترى من الجهة البطنية أ ــ الضفدعة . ب ــ حيوان زاحف . جـ ــ طائر (حمامة) د ــ حيوان ثديي ( خنزير غينيا ) .

( أ عن جاوب ، ب ــ عن بوتر ، جـ ــ عن شيمكيوفيتش ) .

ولكن فى عدد من النماذج السمكية ــ دائريات الفم والكيميرا والأسماك الرئوية وبعض الأسماك كاملة التعظم . وعندما توجد كما هى الحال فى كل

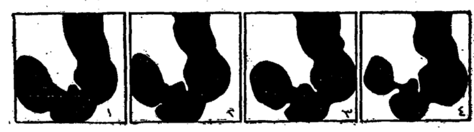


شكل ٢٥٣ — اشكال توضيحية تبين شكل المعـدة وطبيعـة البطانة الداخلية فى أ — القرش . ب — سمكة كاملة التعظم ( ثعبان السمك ) . جـ — السلمندر . د — سلحفاة مائية هـ — طائر ( بيكوك — الحائط السميك للقونصة موضح فى الرسم ) . و — الانسان . ز — أرنب برى ح — سنجـاب الأرض . ط — الـكونى الأفريقى . ى — حوت . ك — كانجارو . ل — بقرة . ١ — طلائيـة المرىء ( مهدبة فى جـ ) التى قـد تدخل المعدة وخاصة فى الثدييات . ٢ — طلائية الجزء الفؤادى ( توجد فقط فى بعض الثدييات ) ٣ — طلائية قاع المعدة ٤ — طلائية البواب .
( عن برنتكويف )

الفقاريات فانها تقوم بوظائف ثلاث : خزن الطعام تمهيدا لدخوله الأمعـاء والمعاملة الفيزيقية لهذا الطعام ثم بداية المعاملة الكيميائية للمواد الغذائيـة البروتينية . ومن المحتمل أنه فى اسلاف الفقاريات كما هى الحـال الآن فى الأسماك عديمة المعدة كانت الأمعاء وحدها تقوم بالوظيفتين الأخريين . وكانت الوظيفة الأولى للمعدة عند أول ظهورها التطورى هى خزن كتل الطعام التى ليس فى قدرة الأمعاء استيعابها مرة واحدة . وقد يكون مثل هـذا الموقف قد ظهر للمرة الأولى عندما نشأت من النماذج المبكرة التى تتغذى بالترشيح نماذج مفترسة ذات الفكوك مثل القروش التى تستطيع ابتلاع أجزاء كبيرة

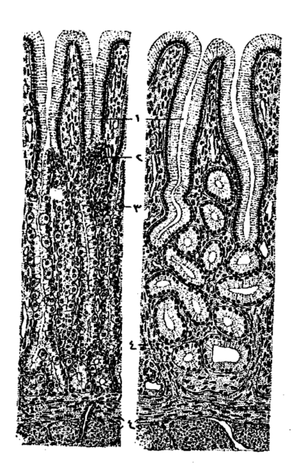
الحجم من الغذاء بكميات كبيرة على فترات غير منتظمة . ولهذا يصبح وجود جيب للتخزين وللمعالجة الفيزيقية ضروريا . اما انتاج الانزيمات فيظن انه من الناحية التطورية « تفكير طارىء » .

ومن حيث الشكل الخارجى ( اشكال ٢٥١ — ٢٥٣ ) فان النموذج المتوسط لتركيب المعدة — وهو المشاهد فى المجموعات المختلفة من القرش الى الانسان — هو الذى تنحنى فيه القناة المعوية عند نهاية المرىء يسارا ، ثم تنحدر مكونة الجزء الفؤادى للمعدة الذى يؤدى الى الكيس الكبير «القاع» ثم تصعد جهة اليمين كجزء بوابى . وتجب الاشارة هنا الى أن شكل المعدة فى الحيوان الميت المشرح قد يختلف تماما عن شكلها فى الحيوان الحى ، فقد تحدث تغييرات واضحة من لحظة الى اخرى فى معدة نشطة ( شكل ٢٥٤ ) .



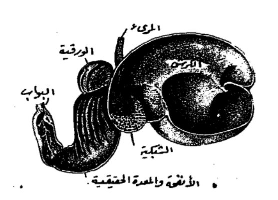

شكل ٢٥٤ — صور بالأشعة لمعدة انسان اخذت على فترات بعد الغذاء مبينة شكلها المتغير عند نشاط المعدة . ( عن كول من فولتون )

ومن أكثر التركيبات اهمية طبقة البطانة الطلائية لمناطق المعدة المختلفة ( الخلايا المخاطية الموجودة فى كل الاجزاء ) . وقد يوجد نموذج من طلائية المرىء فى جزء المعدة القريب منه والذى يمكن اعتباره جزءا مستعارا من المرىء . وقد يوجد فى الثدييات وحدها نوع من الطلائية الفؤادية الانتقالية فى المنطقة القريبة للمرىء ، وهى تحتوى على غدد ولكنها غدد قليلة الأهمية الكيماوية . اما طلائية القاع فتتميز ( شكل ٢٥٥ ) بوجود عديد من الغدد الانبوبية التى تحتوى عادة على نوعين من الخلايا — الخلايا المسماة بالخلايا الرئيسية والتى تنتج البيبسين وهو انزيم يساعد على هضم البروتين ، والخلايا الجانبية .و الجدارية التى تفرز حمض الكلورودريك الذى يهيىء للبيسين وسطا حمضيا يستطيع أن يعمل فيه . وتشبه طلائية الجزء البوابى طلائية الجزء الفؤادى . وتوجد تغييرات عديدة بين الفقاريات فى شكل المعدة وفى توزيع البطانة الطلائية ( شكل ٢٥٣ ) . وليس ضروريا أن تكون لأنواع البطانة الطلائية علاقة بالمناطق المورفولوجية المتشابهة الأسماء للمعدة ، فمثلا




شكل ٢٥٥ ــ على اليسار قطاع فى جزء من منطقة القاع فى معدة حيوان ثديى مبينة الحفر المعدية (١) والغدد عميقة داخل الحفر وتفتح فيها . الخلايا المخاطية ٢ ــ موجودة عند منطقة عنق الغدد . وفى أسفل يمكن تمييز نوعين من الخلايا الجانبية (٣) تفرز حامض هيدركلوريك والخلايا الأخرى الأصغر حجما والأكثر تلونا وهى الخلايا الرئيسية التى تفرز الببسين والعضلات الملساء ( ٤ ) . وعلى اليمين تقع فى طلائية البواب بها حفر وغدد أصلها من الصنف المخاطى . ( عن وندل ــ علم الأنسجة ) .

تتشابه معده الانسان ومعدة الفأر كثيرا فى الشكل ولكنهما يختلفان جذريا فى توزيع الطلائية فيهما ( شكل ٢٥٣ و ، ح ) . والمعدة فى معظم الفقاريات بسيطة التركيب نسبيا وقد تختلف فى الشكل من أنبوبة مستقيمة تشبه السيجار كما فى عدد من الأسماك والبرمائيات والثعابين الى الشكل الذى يوجد فى معظم الأسماك كاملة التعظم حيث يأخذ القاع الشكل الحام لحرف ٧ . وقد تنقسم المعدة الى عدد من الأقسام فى بعض المجموعات . ففى

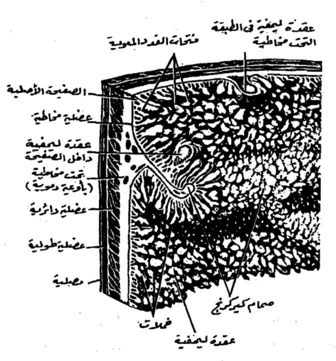



شكل ٢٥٦ ـ معدة مفتوحة لتبين الغرف الأربع المميـزة للمجترات الراقية . ( عن برنكوبف ) .

الطيور آكلة الحبوب تتكون غرفة مميزة بجدار عضلى صلب وهى القانصة شكلى ٢٥٢ جـ ، ٢٥٣ هـ ) وتوجد بداخلها بعض الأحجار الصغيرة التى تعمل كماكينة للطحن تحل وظيفيا محل الأسنان المفقودة . وفى الحافريات المجترة زوجية الحافر كالبقر والغنم والمـاعز والغزلان وغير ذلك ــ وهى من الثدييات ــ تتكون المعدة من أربع غرف محددة ( شكل ٢٥٦ ) . والغرفتان الأوليان ــ وهما الكرش والشبكية ــ هما غرفتان للتخزين ، حيث يضغط الغذاء النباتى بتأثير الجدر العضلية حتى يصبح كتلة لينـة كما يتعرض أيضا الى تأثير الكائنات الدقيقة التى تكسر المواد النباتية المعقدة وتصنـع منها مواد عضوية مفيدة يمتص بعضا منها فى الكرش . وفى وقت الراحـة يرجع الحيوان هذه المضغة ليمضغها أو يجترها ــ اذا أردت أن تقول ــ ثم يرسلها ثانية عن طريق ممر جانبى الى الغرفة ذات التلافيف حيث تعـالج مرة أخرى فيزيقيا ، ثم تصل أخيرا الى الغرفة الأخيرة أو الأنفحة . وفيهـا فقط توجد الأنواع الثلاثة من الطلائية الخاصة بمعدة الثدييات . وقد أصبح الآن واضحا أن الغرف الثلاث السابقة ليست جزءا من المعدة الأصلية ولكنها تغيرات جوهرية فى النهاية السلفية من المرىء .

الأمعاء : ( أشكال ٢٥١ ، ٢٥٢ ، ٢٥٧ ، ٢٥٨ ) . تتم المراحل العظمى لعملية الهضم الحقيقية عادة فى المعى الخلفى ــ الأمعاء متغيرة البناء . أمـا الأجزاء الأمامية لقناة الهضم فتتسلم وتنقـل وتخزن وتجهز المـواد الغذائيـة وتحدث فى الأمعاء مع ذلك معظم أو كل العمليـات الكيموية للهضم بصفة مبدئية . وهنا فقط تتم فى معظم الحالات الخطوة الهامة الأخيرة وهى امتصاص المواد الغذائية الصالحة للجسم .

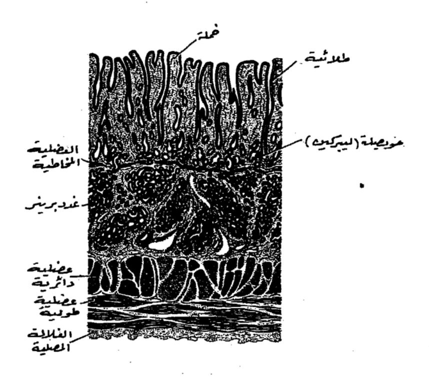
وتتقاسم الأمعاء مع الأعضاء الأخرى لقناة الهضم انتاج الأنزيمات الهاضمة فى الفقاريات المعاصرة . ويتكون كثير منها داخل نمو غدى خاص من الأمعاء هو البنكرياس ، وقد اصبحت المعدة فى اغلب الفقاريات مركزا قليل الأهمية فى انتاج الأنزيمات . وقد تقوم حتى الغدد اللعابية بمثل هذه الوظيفة . وبالرغم من هذا فان الأمعاء نفسها لا تزال هامة فى افراز سلسلة من الأنزيمات من غدد صغيرة مطمورة فى جدرها ، والى درجة ما فى السطح الطلائى نفسه . وهذه الطلائية المكونة من خلايا عمودية بسيطة وظيفتها




شكل ٢٥٧ ــ جزء من جدار الأمعاء الدقيقة فى الثدييات .
( عن ماكسيمو وبلوم )

الأساسية امتصاص المواد المجهزة من الطعام بفعل الأنزيمات الهاضمة . وبمجرد اختراق هذا الجدار الطلائى فانها تحمل الى الشعيرات الدموية والليمفاوية المزودة بها الأمعاء بكثرة .

ولكى يتم الامتصاص على اكمل وجه فانه يتطلب مساحة من البطانة المعوية أكبر مما لو كانت الأمعاء قناة مستقيمة ذات جدار أملس . وقد سلكت كل الفقاريات ــ وخاصة الكبيرة منها ــ طرقا عديدة لزيادة هذا




شكل ٢٥٨ ــ قطاع فى بطانة الاثنى عشر فى الثدييات يوضح خمائل الأمعاء وبينها الحويصلات وطبقة عضلية رفيعة ( العضلية المخاطية ) عند قاعدة المخاطية والغدد والغلالة العضلية والغلالة المصلية تواجه كلها التجويف السيلومى . ( عن يونج ــ حياة الثدييات ) .

السطح . وذلك للعلاقة بين السطح والحجم ــ اى بين السطح الماص وكتلة أنسجة الجسم التى من اجلها يمتص الغذاء . وتتم هذه الزيادة فى السطح الماص عن طريق تغيرات تركيبية فى مستويات الجسم الثلاثة : ١ ــ ثنيات ميكروسكوبية الحجم لا حصر لها فى بطانة المعى ، وهى التى تظهر بدائيا كشبكة من الحيود الدقيقة بينما تكون فى الفقاريات العليا عادة على شكل أصابع صغيرة لا يمكن عدها هى الخمائل ( شكلى ٢٥٧ ، ٢٥٨ ) . ٢ ــ وقد توجد فى حالات كثيرة ثنيات كبيرة نوعا ما تضم الطبقة تحت المخاطية علاوة على الطبقة الطلائية ( كما فى ثنيات « كيركرنج » فى الثدييات ) شكل ٢٥٧ . ٣ ــ تحدث نموات تركيبية كبيرة تزيد من مساحة السطح المعوى . ومن هذه التركيبات اثنان يستحقان الذكر . أولهما الامعاء ذات الصمام الحلزونى المميز للفقاريات البدائية . وثانيهما الأمعاء الأنبوبية الأسطوانية الطويلة ذات اللفات الكثيرة التى تتكون فى الأسماك كاملة التعظم ورباعيات القدم .

الأمعــــاء الحلزونيــــة : ( اشكال ١٨ ، ٢٤ ، ٢٥١ أ ـ هـ ) تجــد فى كل مجموعة كبيرة من الأسماك نماذج لهــا طراز من الامعــاء يظن انه بدائى بالنسبة للفقاريات وهو الأمعاء الحلزونية . وتوجد هــذه الأمعاء فى دائريات الفم من جهة ، ومن جهة اخرى توجد فى جميع الأسماك العظمية ما عدا الاسماك كاملة التعظم . وهى مع ذلك تتكون بصورة واضحة فى الأسماك الشبيهة بالقرش . ولا تنقسم الأمعاء فى هذه النماذج الى امعاء دقيقة وغليظة . وفيما عدا انبوبة امامية قصيرة تتصل بالمعدة ومنطقــة مستقيمة خلفية قصيرة ( حيث توجد غدة اضافية تفرز فى القروش كلوريد الصوديوم ) فان كل طول المعى الخلفى يتكون من الأمعاء الحلزونية ، وهى كبيرة تشبه السيجار فى شكلها وتمتد الى الأمام والخلف حيث تشغل اغلب طول البطن . وتركيبها الداخلى معقد ، فبالاضافة الى الثنيات الدقيقة فان مساحة السطح قد زيدت كثيرا بوجود الصمام الحلزونى ، وهو عبارة عن ثنية من الطبقة الطلائية والنسيج الضام تمتد بطريقة حلزونية من احد طرفى الأمعاء الى الطرف الآخر وتشبه الى حد ما مثقاب النجار داخل انبوبة . وللصمام الحلزونى فى قليل من القروش شكل مختلف غير أن له نفس التأثير . فقاعدة الصمام تامة التكوين وتلتف على شكل لفافة كبيرة تمتد على طــول الأمعاء . وفى اى من الحالات فان السطح الداخلى يزداد كثيرا .

**الأمعاء فى الفقاريات العليا** : مع ان الاسماك الرئوية والأسماك مشععة الزعانف الدنيا من بين الاسماك العظمية تحتفظ بالصمام الحلزونى الا أن الاسماك كاملة التعظم من جهة والفقاريات الأرضية من جهة أخرى قد تركت هذا الصمام الى طراز جديد فى تركيب المعى الخلفى ، وفيه تصبح الأمعــاء عبــارة عن انبــوبة رفيعة من غير ثنية داخليــة كبيرة ( شكلى ٢٥١ ، ٢٥٢ ) ولكن قد تطــول الأمعــاء كثيرا على سبيــل التعــويض وفى الأسماك كاملة التعظم يكون اغلب طول القناة منطقة هضمية نشطة جدا ، ويليها جزء قصير يؤدى الى الشرج . وينشأ فى الأسماك كاملة التعظم تكوين خاص هو العور البوابية ـ الجيوب ـ التى احيانا ما تكون عديدة فى الطرف القريب من الأمعاء وتستطيع المواد الغذائية أن تدخلها حيث تمتص فيها .

وفى كل الأسماك كاملة التعظم والفقاريات الارضية توجد اختلافات عديدة من حيوان الى آخر فى طــول الأنبــوبة ومن ثم فى السطح المختص ويؤثر فى طول الامعاء عاملان : طبيعة الطعام ، والحجم المطلق للحيــوان ؛

فالغذاء النباتي يحتوى على كتل من السكريات المعقدة التي يصعب هضمها وامتصاصها ، ومن ثم فان الأمعاء بشكل عام أطول فى آكلات الاعشاب منها فى آكلات اللحوم . واذا أخذنا فى الاعتبار الاختلافات فى حجم الحيوان فاننا نواجه هنا مرة ثانية السؤال الخاص بعلاقة السطح بالحجم . فمع زيادة الحجم فان حجم الجسم الذى يحتاج الى تغذية تكون زيادته أسرع من زيادة سطح الأمعاء ، وعندئذ لا بد أن يزداد طول الأمعاء بنسبة تفوق كثيرا زيادة الحجم للمحافظة على السطح الممتص فى الاتجاه الذى يتمشى مع الاحتياجات المطلوبة منه . ومن الأسماك كاملة التعظم الى الثدييات تميل آكلات اللحوم الصغيرة الى أن تكون لها أقصر أمعاء ، فى حين أن آكلات الاعشاب الكبيرة لها أطول الأمعاء .

ولا يوجد أى أثر للصمام الحلزونى فى أى حيوان من رباعيات القدم . ويحتوى عادة الجزء الاكبر من المعى الخلفي على الأمعاء الدقيقة الرفيعة التى تكون ملفوفة الى درجة ما ــ وهى عادة أكثر تعقيدا فى الطيور والثدييات عما هوموجود فى الطوائف الدنيا . وهذا هو المركز الأعظم للهضم والامتصاص. وفى بعض الحالات ( كما فى الانسان ) يمكن تسمية مختلف الأجزاء الا أن الفرق بينها طفيف جدا . وخلف الأمعاء الدقيقة يوجد عادة فى رباعيات القدم الدنيا قطعة قصيرة ولكنها أكثر اتساعا ويظهر أنها تشبه على الأقل ــ فى المعنى الواسع ــ القولون أو الأمعاء الغليظة ، التى هى منطقة نهائية من المعى متقدمة فى النمو فى الثدييات . وكثيرا ما يوجد جيب خارجي صغير عند الطرف القريب للقولون فى رباعيات القدم الدنيا . ويصبح هذا الجيب فى الثدييات « الأعور » الذى يختلف فى تكوينه والذى ينتهى بالزائدة الدودية فى الانسان وبعض الأنواع الأخرى . وقد يقال أحيانا أن للزائدة مغزى تطوريا ولكن يبدو أن هذا ليس هو الواقع ، وتظهر أهميتها الكبرى فى أنها دعامة مالية لمهنة الجراحة . ولا يكون القولون حينما يكتمل نموه مكانا فقط لجمع البراز انتظارا لافراغه ، ولكنه فى الواقع منطقة هضمية نهائية حيث تقوم البكتيريا التى توجد بكميات هائلة فى القولون والاعور بهجوم أخير على السليولوز أو المواد الكربوايدراتية المعقدة الأخرى . كما يحدث به امتصاص لبعض كميات الماء وبعض المواد الأخرى . وفى رباعيات القدم الدنيا والطيور تفتح الأمعاء من الخلف فى المجمع ، وفى الثدييات الدنيا ينشأ مستقيم قصير من المجمع الجنينى ويؤدى الى فتحة الاست .

**الكبد** : وسنتكلم فى ختام هذا الفصل عن عضـوين همـا : الـكبد والبنكرياس اللذان ينموان جنينيا من اندودرم المعى ، وترجع اهميتهمـا للافرازات التى يصبانها فى الأمعاء ولوظائفهمـا فى ايض الطعـام الذى تم هضمه فعلا .

وللسهيـــم ( شكل ٤ ) نمو خارجى من المعى يشبه الكيس كمـا يشبه الكبد فى موضعه ، الا أن مشابهته التركيبية غامضة ، ومع كل فالكبد الكبير الحجم موجود بصفة عامة فى كل الفقاريات الحقيقية . وهو يتكون



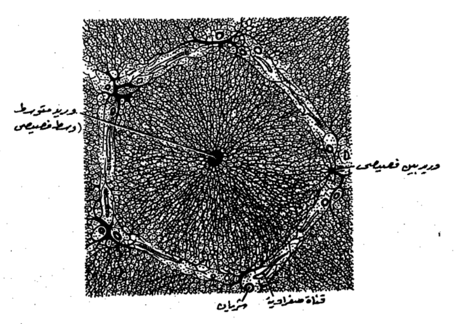

شكل ٢٥٩ ــ شكل توضيحى لطور متقدم فى تكوين الكبد يبين العلاقة بين القنوات .

كما يرى من تاريخه الجنينى كجيب خارجى من المعى تحت المعدة . وهـو يبدأ تكوينه فى المساريقا البطنية حيث يمتد الى الامام ليتصـل بالفاصـل المستعرض خلف القلب ، ثم يمتد بعد ذلك الى الخلف فى التجويف البطنى ؛ الحقيقيـة على تنظيـم داخلى مناسب وعلى حجم كاف.وعلى العموم لايكون وليس للكبد شكل ثابت اذ ليست هناك حاجة الى ذلك ، فتتوقف وظيفتها الحقيقية على تنظيم داخلى مناسب وعلى حجم كاف وعلى العموم لا يكون الاندودرم ــ كما لاحظنا ــ سوى البطانة الرقيقة لقناة الهضـم والغـدد الهضمية ، كما أن مادة الاندودرم لا تسهم بقدر جسيم فى تركيب الجسـم الا فى الكبد ( وفى البنكرياس الى درجة اقل ) .

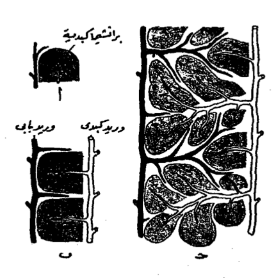
وقد يظهر بدائيا أن الكبد قد تطورت عن غدة وانها فى اثنـــاء نموها الجنينى المبكر اخذ التركيب الغـدى فى الظهـور ( اشكال ١٩٨ ، ٢٠٦ أ ، ٢٤٨ جـ ، ٢٤٩ ) . وكما تندفع الكتلة الرئيسية من انسجته نحو الأمـام تظل الكبـد متصلة بالمعى بجهـاز قنوى . واحـدى وظائف الكبـد اليافعـة هى انهـا تفـرز سـائلا هـو الصفـراء او المـرارة التى تتـكون

جزئيا من المواد المسرفة ولكنها تتضمن أملاحا معينة مفيـدة تساعـد على هضم الدهون ، وتتجمع هذه المـادة فى قنيات دقيقة من خلايا الكبد ثم تتركها عن طريق القناة الكبدية ( شكل ٢٥٩ ) . وقد تخزن الصفراء فى الحويصلة الصفراوية التى تتكون غالبا ( ولكن ليس دائما ) بجوار فرع جانبى هو القناة الصفراوية . وتصل الصفراء الى المعى اخيرا عن طريق قناة مرارية مشتركة .

وليست اعظم واجبات خلايا الكبد العديدة هى المرتبطة مباشرة بعملية الهضم ولكن بمعالجة المواد الغذائية بعد هضمها وامتصاصها فى الجسم وتعمل الكبد كجزء من نشاطها كمستودع للتخزين وخاصة لتخزين الكربوهيدرات على شكل جليكوجين . وزيادة على ذلك فان الكبـد تعمل « كمعوجات » كيماوية معقدة تفيد الجسم فى مجموعه . فقد تتكون البروتينات هنا ، وقد تتغير الدهـون فى التركيب ، وقد تتحـول البروتينـات والدهون الى كربوهيدرات ؛ وقد تتحول الفضلات الأزوتية كالنشادر الى مواد أقل ضررا




شكل ٢٦٠ ـ قطاع فى كبد حيوان ثديى يبين فصيصا واجزاء من الفصيصات الأخرى . وقد حقن الجهاز البابى من الأوردة ( اسود ) ليبين طريق الدم من الوريد بين الفصيصى عن طريق عدد من الجيوب الصغيرة من خلال صفائح الخلايا الكبدية الى الوريد الوسطى داخل الفصيصات وترى افرع قناة المرارة وكذلك الشريان الكبدى فى الفاصل بين الفصيصى .
( عن ينج حياة الثدييات ) .

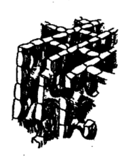



شكل ٢٦١ ـ شكل توضيحى يبين تكوين فصيصات الكبد . كتل من خلايا الكبد ( برانشيما ) متجمعة حول أفرع الوريد الكبدى الخارج . أفرع الوريد البابى ( وتلك الخاصة بالشريان الكبدى وقناة المرارة غير موضحان هنا ) تتفرع خارج الفصوص المتكونة ( من آرى عن مول ) .

كاليوريا وحامض البوريك . ومن اجل وظيفته العظمى كمستودع للتخزين وكمصنع بنائى تقع الكبد موقعا استراتيجيا فى « الخط الرئيسى » للدورة الدموية . وكما يتضح من الوصف فيما بعد فان كل الاوردة الحاملة للأغذية من الامعاء تتجمع كجهاز كبدى بابى يرشح داخل انسجة الكبد فى سلسلة من الجيوب قبل أنه يصل الى الدورة الدموية العامة فى الجسم . ومن هذه الأوعية الصغيرة يكون لخلايا الكبد اول فرصة لاختيار ما تختزنه أو تقوم بتحويله من المواد الغذائية التى تصل اليها من الجسم .

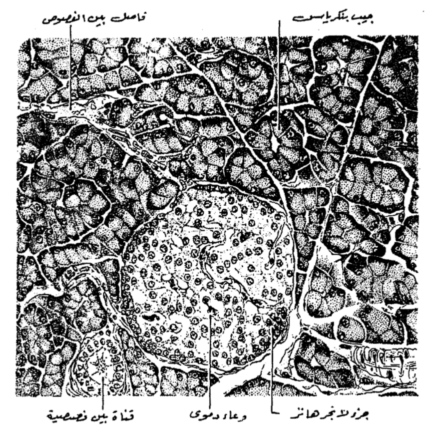
ولما كانت وظائف الأيض هى السائدة على الوظائف الافرازية فان نظام تركيب الكبد يعتمد على علاقته بالاوعية الدموية أكثر من اعتماده على القنوات الافرازية . والنظام العام لتركيب الكبد هو ما يرى فى شكل ٢٦٠ وفى صورة تخطيطية للنمو الجنينى فى شكل ٢٦١ . والانسجة مرتبة فى كتل تسمى فصيصات ، وبكل فصيص وريد وسطى يحمل الدم الى الاوردة الكبدية والقلب . وتوجد خارج هذه الفصيصات ( بالاضافة الى أفرع القناة المرارية والشريانية الصغيرة ) أفرع وريدية من الجهاز البابى . وتمتد الى

الداخل وفى اتجاه المركز نحو كل وريد وسطى عديد من الجيوب . ونسيج الكبد بين الجيوب له شكل اشرطة أو احبال من الخلايا . ومــع ذلك فان حقيقة هذه الأحبال الظاهرة هى مقاطع قطعت فى صفائح من الخلايا ( شكل ٢٦٢ ) توجد على شكل شبكة متشابكة حول الجيوب . وتتكون هذه الصفائح من خليتين فى السمك ، وذلك فى اغلظ اجزائها ، ولذلك كانت كل خليـــة تواجه جيبا من جهة أو من الجهة الأخرى ، أما فى الثدييات فتتكون الصفائح من خلية واحدة فى السمك .

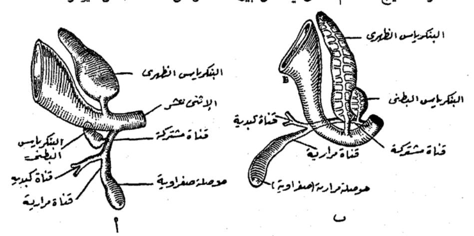



شكل ٢٦٢ ــ شكل تخطيطى مكبر لجزء صغير من فصيصات الـكبد ( كالذى يرى فى شكل ٢٦٠ ) يبين تركيب صفائح خلايا الكبد . الصفـائح منفصلة ومثقبة بقنوات تشغلها الجيوب اثناء الحياة . على اليسار : التركيب المثالى فى الفقاريات الدنيـــا ، تتكون الصفائح عادة من خليتين فى السمك . على اليمين : التركيب فى الثدييات ، الصفائح تتكون عادة من خلية واحدة فى السمك

**البنكرياس** : ( شكلى ٢٦٣ ، ٢٦٤ ) . مع أن الأمعاء كما رأينا تفرز من جدرها ( أو من غدد صغيرة مرتبطة بها ارتباطا وثيقـــا ) انزيمات خاصـــة تستعمل فى الهضم الا أن أكبر مركز لانتاج الانزيمات قد انتقل مبكرا فى تاريخ الفقاريات ( وبكفاية اكبر ) إلى مكان خارجى اكبر وهو البنكرياس . ويمكن ملاحظة مراحل هذا الانتقال فى السهيم ودائريات الفم . ففى الحيوان الأول لا يوجد أثر لبنكرياس متكون ولكن توجد خلايا خاصة بالقرب من الطـــرف الأمامى لقناة المعى لها خواص الخلايا البنكرياسية . وفى الجلكى تكون هـــذه الخلايا تجمعات من الغدد الصغيرة فى نفس هـــذه المنطقة . والبنكرياس فى اغلب الفقاريات الأخرى تركيب مميز خارج الأمعاء ( اذا كان له شكل محدود نوعا ) يقع فى المساريقا الظهرية . ولكن يظهر البنكرياس حتى عندما يكون فى تمام نموه كنتوءات عديدة منفصلة من الأمعاء ( كما هى الحال مثلا فى الانسان ،




شكل ٢٦٣ ــ قطاع فى بنكرياس الفأر يوضح النسيج الافرازى (الجيوب البنكرياسية ) والجزر البنكرياسية . وترى أيضا قناة الجزء الافرازى من الغدة والنسيج الضام الذى يفصل بين الفصوص . ( عن تيرنر ) .




شكل ٢٦٤ ــ شكل توضيحى لطورين فى تكوين بنكرياس الانسان .
أ ــ طور مبكر يبين البنكرياس الظهرى ( وهو الأصغر ) والبنكرياس البطنى.
ب ــ طور متأخر عن ا فيه بداية التحام الجزئين الظهرى والبطنى للبنكرياس
( عن آرى ) .

شكل ٢٦٤ ) وتوجد نتيجة لهذه النشأة المتعددة اختلافات هامة فى عدد القنوات البنكرياسية ومكانها .

ـ

ووظيفة البنكرياس الظاهرة وظيفة غدة لها قناة تنتج وتصب فى الأمعاء عددا من الأنزيمات ( أو حتى ما قبل الأنزيمات ) التى تؤثر فى المجموعات الثلاث الكبيرة من المواد الغذائية ، وهى المسئولة عن الجزء الأكبر من النشاط الهضمى للمعى . وبالاضافة الى هذا فان قطعا من الغدة عبارة عن غدد صماء فى طبيعتها كما هو مبين فى الفصل ١٧ .

الفصل الثالث عشر

# الجهاز الإخراجى والتناسلى

ان النظرة المشتركة للجهازين البولى والتناسلى من الناحية الوظيفيـــة تبدو انها غير معقوله ، حيث ان الاخراج والتكاثر لا يشتركان فى شىء . وعلى كل حال فان الجهازين من الناحية المورفولوجية يرتبطان معا ارتباطا وثيقا ، ومن المستحيل أن نصف واحد منها دون أشارات عرضية الى الجهاز الآخر . وقد يرجع هذا الارتباط الى القرابة الجنينيـــــة ، فان الأعضـــــاء الكبيرة للجهازين تنشأ فى مناطق من الميزودرم يقع بعضها بالقرب من بعض فى جدران الجذع بالقرب من الحافة العليا للتجويف السيلومى ( شكل ٢٧٩ ) .

## الأعضاء البولية

**تركيب انيبوبات الكلية ووظيفتها** : تتكون الكليات المزدوجة بطريقـــــة مختلفة فى جميع الفقاريات ، وتلك هى الأعضاء العظمى للجهاز البـــولى . واساس تركيب الكلية هو الأنيبوبات الكلوية الدقيقة أو النفرون وتتصـــل هذه الأنيبوبات العـــديدة بجهاز قنوى يؤدى اخيرا الى سطح الجســـم فى الخلف .

والنمط الأكثر شيوعا للأنيبوبات بين الفقاريات عامة هو ذلك الموضح تخطيطيا فى شكل ٢٦٥ أ . وتوجد مثل هذه الانيبوبات فى انماط مختلفـــة كالقروش والأسماك كاملة التعظم التى تعيش فى المياه العذبة والكثير ممـــا يعيش منها فى الميـــاه الملحة والبرمائيـــات . والجزء الانسى ( القريب ) هو الجسيمات البولية الكروية التى يوجد بداخلها « جمع » على شكل مجموعة مندمجة من الأوعية الدموية والتى يمكن مقارنتها بالشعيرات الدموية (شكل ٢٢٦ ) . اما الجزء الوحشى ( الخارجى ) أو « المحفظة » فهو عبارة عن نصف كرة مزدوجة الجدران تكون النهاية القريبة للأنيبوبية الأساسية ، ويلامس سطحها الداخلى تماما جدران الأوعية الدموية للجمع الذى تحتويه . ويتصل تجويفهـــا بتجـــويف الأنيبـــوبات الملتوية (١) التى تمتـــد

(١) لاحظ أن اسم « الأنيبوبة » يستعمل عادة بطريقتين : (١) كبـديل حفرون اى انه اسم لكل وحدة كلوية من الجسم البولى والانيبوبات الملتوية، (٢) وتطلق ايضا بصورة اصح ولكن بتحديد اكثر على التركيب الاخير فقط

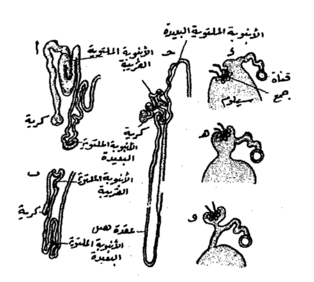
على طول جدرها شبكة من الاوعيـــة الشعيرية . ويمكن التمييز عادة بين قطاعات فى الجزء القريب والجزء البعيد للأنيبوبة . وتتصل كل أنيبوبة من الطرف البعيد ـ بطريقة تختلف فى المجموعات المختلفة ـ بقنوات تؤدى الى الخارج .

ويتكون البول نتيجة لنشاط النفرون المتخصصة لافرازه والذى ينتج ظاهريا من الأوعية الدموية المتصلة به . ويتكون البول اساسا من الماء ولكنه يحتوى على مواد ذائبة كالأملاح المختلفة ، وبالأخص المخلفات الازوتية التى تكون عادة على شكل يوريا او حامض يوريك . وتتكون الوظائف التى يتـــم حدوثها من جزئين : ( ١ ) التخلص من المواد المسرفة و ( ٢ ) تنظيم الوسط الداخلى .

ومن المواد التى تنتج من عمليات الهدم فى الخلايا تلك الناتجـــة من تكسير الكربوايدراتات والدهون وهى التى تتكون أساسا من ثانى أكسيـد الكربون والمـاء ، والتخلص من هذه المواد لا يشكل مشكلة خطيرة . وتحتوى البروتينات على كل حال على ازوت وتتكون مخلفاتها من مركبات آزوتيـة بسيطة وبالأخص النشادر الذى هو سام للحيوان . وتتحول هذه المواد عادة بسرعة فىالكبد الى يوريا حامض البوريك الذى لا يضر . ولكن بالرغم من هذا فان التخلص من هذه المواد ضرورى ، ولهذا تتحمل الكليتان المسئولية الكبرى فى ذلك كما تتحملان ايضا مسئولية التخلص من المنتجات الضـارة الأخرى التى قد تكون موجودة فى الجسم .

أشرنا فى الفصل الرابع الى ضرورة المحافظة على خلايا الجسم فى جو مناسب يتضمن كميات مناسبة من أملاح بسيطة خاصة ذائبة فى السوائل التى تحيط بالخلايا . والمحافظة على كمية مناسبة من الأملاح تتطلب توازنا بين ما يؤخذ ( اساسا عن طريق الأمعاء ) وبين ما يخرج . فأخذ املاح كثيرة يتطلب وسائل اخراجية واهمها انيبوبات الكلية . وتتطلب الاملاح القلية فى الدم ازالة الـكميات الزائدة من المـاء ويتم ذلك أيضا عن طريق عمـــل الكليـــة .

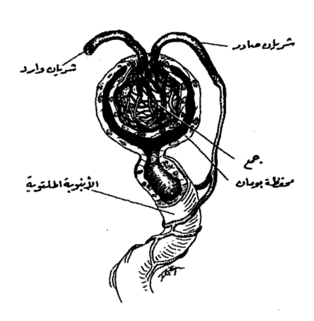
وقد اصبحت اليوم الطريقة التى تعمل بها الكليـــة واضحة تماما . فتوجد عمليتان مختلفتان تختص الأولى منهما بالكرية البوليـــة وتختص الثانية بالأنيبوبة نفسها . ويوحى تركيب الكلية بأننا نتعامل مع جهـــاز



شكل ٢٦٥ ــ انماط الانيبوبات . ا الى جـ الأنماط الثلاث الكبيرة الشائعة فى الفقاريات اليافعة . أ ــ يظن أنه الأكثر بدائية ــ الكريه من حجم كبير وتوجد فى صفيحيات الخياشيم والأسماك العظمية التى تعيش فى المياه العذبة والبرمائيات ب ــ كرية صغيرة او غير موجودة وهى من مميزات الاسماك كاملة التعظم التى تعيش فى الماء الملح والزواحف . جـ ــ كرية كبيرة وتشاهد عقد هنل ، وتوجد فى الثدييات والطيور . د ــ و انماط الأنيبوبات الكلوية . د ــ الأنيبوبة تمر من السيلوم الى قناة الكلية ــ الجمع اذا وجد فى السيلوم لا تصحبه أنيبوبة . هـ ــ غرفة سيلومية صغيرة خاصة تكونت للجمع . و ــ اصبحت هذه الغرفة محفظة للكرية البولية . لا تزال الانيبوبات متصلة بالسيلوم . ويؤدى غلق الفتحة السيلومية الى نمط من الانيبوبات اكثر تقدما .

ترشيح يستخلص الراشح من بلازما الدم . وهذه هى حقيقة الحال كما يرى من السائل الذى تسحبه ماصة دقيقة من محفظة البرمائيات . ولا تمر من المرشح كرات الدم وجزيئات البروتين الكبيرة ، ولكن يحتوى الراشح عدا ذلك على جميع محتويات الدم ، فلا يتضمن الماء فقط ولا المخلفات ولكنه يحتوى ايضا على مواد غذائية لها قيمتها وعلى الأخص الجلوكوز . وفضلا عن ذلك فان كمية السائل الراشح تكون كثيرة جدا . وقد حسب أنه اذا كان السائل الذى يمر خلال جمعات الضفدعة يطرد كله حقيقة من الجسم فا نحوالى « باينت » (١) من البول يفرز يوميا من هذا الحيوان الصغير ، كما أن الانسان قد يفرز حوالى ٥٠ جالونا .

(١) الباينت pint = ٥٦٨و. من اللتر . (المترجم) .




شكل ٢٦٦ ـ كرية بولية فى الثدييات . وهذه الاوعية حول الانيبوبة تاتى من الشريان . وفى الحيوانات التى لها دورة بابية بوليـة تحيط بالانبـوبة شعيرات من هذا الجهاز ( عن تيرنر ) .

ومن الواضح أن شيئا من هذا لا يحدث . وهـذا النشاط المتزايد للكرية البولية يعادله عمل الأنيبوبات الملتوية . وتفرز المواد المتخلفة بقـدر معين من خلايا الأنيبوبة الى البول عند مروره بها . والوظيفة الرئيسـية للأنيبوبة هى على كل حال امتصاص الكثير من الراشح ـ بطريقة انتخابيـة ـ ويتضمن هذا الـكثير من المـاء ( والا فان الحيوان قد يجف بسرعة ) كما يتضمن ايضا اعادة امتصاص المواد ذات الاهميـة وعلى الأخص الجلو والأملاح تاركا محتويات البول كماء ومخلفات آزوتية .

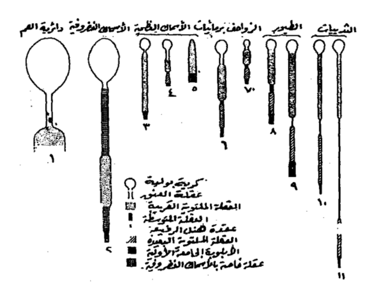
ويمكن أن نقول ان العمل يتم فى النفرون بالترشيح من الجمع وتقـوم الانيبوبة بعمل التصفية الضرورية لهذه العملية .

**أنماط الأنيبوبات وتاريخ الفقاريات :** سـواء اكان المـأوى الاصلى للفقاريات هو المـاء العـذب أو المـاء الملح فانه يشكل مشكلة هامـة لمن يدرسـون وظيفة الكلية وكذلك لمن يدرسون علم التقسيم وتاريخ نشأة الانواع . ويؤيد السجل الحفرى بقوة أن الأسماك المبكرة كانت تعيش فى المـاء العذب وأنها لم تغزو البحار الا أخيرا . ودراسة تركيب ووظيفة أنيبوبات الكليـة تؤدى الى نفس النتيجة .

وقدتوجد ثلاثة أنماط من وحدات النفرونات فى الكلية اليافعــــة فى مجموعة أو أخرى ( شكلى ٢٦٥ ، ٢٦٧ ) . ( أ ) ففى النمط الأول ( شكل ٢٦٥ أ ) توجد كرية بولية ذات حجم واضحوتتكون بصورة مميزة فى أنواع مختلفة مثل البرمائيات وأسماك المـاء العذب العظمية وصفيحية الخياشيم ، ومن ثم تكون حصـيلة المـاء المفرز كبيرة . ( ب ) النمط الثـــانى ( شكل ٢٦٥ ب ) وهو الذى يوجد فى كثير من الأسماك كاملة التعظم وفى الزواحف حيث تكون الكرية البولية صغيرة أو غير موجودة : ولهـــذا فان كمية المـاء المفرز قليلة . ( جـ ) النمط الثـــالث ( شكل ٢٦٥ جـ ) وهو الذى يرى فى الثدييات والى درجة أقل فى الطيور حيث يكون الجمع كبيرا وتدخلفىوسط الأنيبوبة الملتوية عقدة طويلة اضافية هى عقدة هنل ويظهر أن هذا النمط من الأنيبوبات ماص قوى للماء ، ولهذا فبالرغم من الافراز الغزير للماء فى الجمعات الا أن ما يصل منه الى المثانة قليل نسبيا .

ومن توزيع هذه الأنماط من الأنيبوبات بين الفقـــاريات يمكن ترتيب قصة متناسقة حول التاريخ البيئى للفقاريات . ويفترض أن النمط ( أ ) هو الأنيبوبة البدائية التى كانت موجودة فى فقاريات المـاء العـذب ثم بقيت فى الأنواع التى ما زالت تعيش فى مثل هذا الماء . ويعيش مثل هذا الحيوان فى وسط أكثر تخفيفا من سوائل جسمه ، ومن ثم يكون فى خطر من الزيادة القصوى لتخفيف هذه السوائل عن طريق الضغط الأزموزى على أسطح الجسم والأمعاء ( وهذا يؤدى الى الموت ) ، ولتجنب هذا يجب التخلص من كميات كبيرة من المـاء ، ويتم ذلك عن طريق وجـــود كرية كبيرة . وعلى النقيض من هذا اذا دخلت سمكة الى البحر فانها تتعرض للجفاف بسبب الملوحة الزائدة فى الوسط المحيط بها ، وعندئذ يجب الاحتفاظ بالمـاء وطرد كثير من الأملاح . وفى الأسماك كاملة التعظم البحرية فان الكريات غالبا ما تقل أو تغيب ويقل بالتالى تصريف المـاء . وبالاضافة الى هذا فان الأمـلاح والمخلفات تفرز بواسطة خلايا الأغشية الخيشومية كما تفرز أيضا بواسطة الكليتين .

وللفقاريات البرية التى تعيش فى بيئة جافة نفس مشاكل الأسماك البحرية اذ يجب الاحتفاظ بالمـاء . ويتم هذا فى الزواحف الحديثة بنقص حجم الكريات البولية حيث يتبع ذلك نقص فى اخراج المـاء . أما الطيـــور والثدييات فقد كونتا طريقة مختلفة لحفظ المـاء . ويوجد جمع عادى كبير الحجم كما أن هناك قدرة زائدة فى الاخراج ، والأنيبوبات المركبـة مع ذلك هى « مانح هندى » كما ينتج عن وجود عقدة هنل امتصاص كثير من المـاء ، والنتيجة اذا هى بول مركز نسبيا .




شكل ٢٦٧ ـ شكل توضيحى لأنيبوبات الكلى فى الفقاريات المختلفة وكلها مصغرة بنفس النسبة لتبين نسبة حجم المكونات فى المجاميع المختلفة . الجمع عند النهاية العليا فى كل حالة والأنيبوبات موضحة كأنها مفرودة . الجمعات تامة التكوين فى أغلب المجاميع وذات حجم كبير فى دائريات القسم وصفيحيات الخياشيم ولكنها صغيرة فى الزواحف وغير موجودة فى بعض الأسماك كاملة التعظم البحرية (٥) . ولكل منها قطعة ملتوية قريبة من الأنيبوبة وقطعة متوسطة تتبعها أنبوبة ملتوية بعيدة . وتظهر فى بعض الأسماك ، وتوجد فى كل الأشكال البرية . القطعة المتوسطة تصبح عقدة هنل فى الطيور ( جزئيا ) وفى الثدييات . وهذه العقدة قد تستطيل كثيراً فى المجموعة الأخيرة .

١ ـ الجريث ٢ ـ الورتك ٣ ـ اسكولبين ٤ ـ سمك القط ٥ ـ سمك الضفدع ٦ ـ الضفدعة ٧ ـ الترسة الملونة ٨ ، ٩ الكتكوت ١٠ ، ١١ ـ أرنب . ( عن مارشال كيبتون )

وخلاصة الدليل المعقول الذى ذكر تؤدى الى ان وجود جمع كبير هو صفة بدائية وذلك لحاجة الفقاريات التى تعيش فى الماء العذب الى مضخة مائية قوية . ولكن لا يزال فى استطاعة الانسان أن يدافع عن نشأة الفقاريات فى البحار ، ويمدن الاعتقاد بأن السلف كان سمكة بحرية ذات جمع صغير فقط ، وأن تكوين الجمع الكبير اتى مؤخرا مع الانتقال الى الماء العذب . وثمة حقيقة أخرى يظهر انها لا تتفق مع هذا الغرض الخاص بأن النشأة الاولى كانت فى الماء العذب ، وهى أن أسماك القرش لها جمع كبير ومع ذلك فهى أسماك بحرية !

ومع كل فأسماك القرش هى التى تؤكد الدليل على أن النشأة كانت فى الماء العذب ، وتعيش سمكة القرش فى وسط ذى تركيز ملحى أعلى من تركيز سوائل جسمها ومع ذلك فهى تخرج الماء خلال جمعاتها الكبيرة دون كثير من المبالاة شأنها فى ذلك شأن أسماك الماء العذب ، وهى تقوم بهـذا دون أن تتعرض لخطر فقدان الماء بالضغط الازموزى لأن القرش ( بالإضافة الى التخلص من الملح عن طريق الغدة المستقيمة ) يحتفظ بضغط ازموزى لسوائله الداخلية مساو أو اعلى قليلا من ذلك الموجود فى ماء البحر من غير زيادة فى تركيز أملاحه . ويتم هذا بطريقة خاصة وهى احتفاظه فى مجرى الدم — وبدون ضرر ظاهر — بنسبة كبيرة من اليوريا التى ترفع التركيز الكلى للمواد الذائبة . وبذا يكون عندنا فى أسماك القرش والأسماك كاملة التعظم التى تعيش فى الماء الملح نمطان من اللاءمة الكلوية للمـاء الملح يختلفان بعضهما عن بعض اختلافا جذريا . ويتضح من ذلك أن المجموعتين قد وصلتا الى البحار منفصلتين وقد لاءمت كل منهما نفسهـا للبيئـة الجديدة بطريقة تختلف تماما عن الطريقة الأخرى .

**تركيب الانيبوبات البدائية :** ان انماط الوحدات النفرونية التى سبق شرحها هى اعظم مميزات الكلى فى الفقاريات اليافعة . ومع ذلك توجـد انماط اخرى يغلب وجودها فى الأجنـة أكثر منه فى الحيـوانات اليافعـة وبالأخص فى الوحدات الأولى المتكونة وكـذلك فى الفقـاريات الدنيـا أكثر من الفقاريات المتقـدمة ، ومن ثم فهـذا سبب قوى لكى نعتبرهـا بدائية فى طبيعتها . وفى هذه الانماط ( شكل ٢٦٥ د — و ) توجد غالبا فتحة قمعية مهدبة تفتح من التجويف السيلومى الى الأنيبوبة ، وقـد يوجد احيانا جمع مثالى ، ولكن فى بعض الحالات يقع المجمع فى التجويف السيلومى ، وقد لا يوجد مطلقا فى حالات اخرى . وفى المنشأ قـد تصفى انيبوبات الكلية السوائل الزائدة والبقايا المتراكمة فى التجويف السيلومى، اما تكوين الجمع وانضمامه الى الأنيبوبات فمن المحتمل ان يكون تكوينـا متأخرا .

وتوجد لمعظم مجموعـات اللافقـاريات — وحتى الحيـوان الحبلى المعروف السهيم — تراكيب اخراجيـة مختلفـة نوعا فى طبيعتها تسمى

بالنفريديا . وهى لا تشبه نفرون الفقاريات التى يظهر انها تكونت مستقلة اساسا كمضخة للماء وذلك لتلائم المعيشة فى الماء العذب . ومن المحتمل أن النفريديا كانت موجودة فى اسلاف الفقاريات كما هى فى السهيم . ولكن « باختراع » الانيبوبات الكلوية فى الفقاريات — وهى التى تستطيع أن تعتنى بالفضلات بالاضافة الى وظيفتها الكبرى كطاردة للماء — فان النفريديا اذا وجدت تصبح زائدة ومن الممكن الاستغناء عنها .

**ترتيب الجهاز الكلوى** : ان ما وصفناه من قبل هو طبيعة الوحدات الميكروسكوبية الكلوية ، وسنشير الآن الى تركيب هذه الوحدات الاخراجية وجهاز القنوات التى تؤدى الى التركيب الكبير للجهاز البولى .

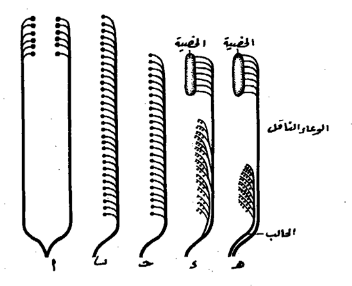
وكما يرى فى معظم الفقاريات فان نظام الجهاز الكلوى يظهر انه واضح الانسجام ، اذ يتكون من زوج من الكلى المنضغطة التى تبرز فى التجويف البطنى من حدار الظهرى وزوج من القنوات تبدأ منها وتؤدى الى مثانة وسطية . وتبين الدراسة أن هناك اختلافات أساسية من مجموعة الى اخرى ، فالكلى والقنوات والمثانة تختلف فى طبيعتها وتركيبها .

ولهذه الاختلافات سببان رئيسيان : ١ — تختلف الكلية عن معظم اعضاء الجسم بأنها لا بد ان تبدأ وظيفتها فى مرحلة مبكرة كى تعتنى بالمخلفات الجنينية ، ولهذا فلا بد أن تتكون بسرعة كلية جنينية تقوم بهذه الوظيفة . ومع كل فهذه الكلية تكون عرضة للتحور او الابدال فى المراحل الجنينية المتأخرة وفى مرحلة البلوغ . ٢ — تقع الأعضاء التناسلية بجوار الكليتين وتميل الخصيتان — على الأخص — الى غزو الجهاز البولى محتضنة جزءا من انابيبه وقنواته من اجل انتاجها ، وبالتالى تسبب تحورا ظاهرا فى الأعضاء البولية .

ويمكن ان نبدأ مناقشتنا عن تركيب الكلية بوصف تركيب وتكوين كلية بدائية « مثالية » يمكن تسميتها « النفروس الكامل » وقد إشرنا فى قصتنا الجنينية الى انه يوجد فى الميزودرم على كل جانب من جانبى الجسم شريط من النسيج المكون للكلية يقع بين القطع الجسمية والصفيحة الجانبية ، ويظهر فيه غالبا التقسيم العقلى الى مجموعة من القطع الكلوية الصغيرة ( أشكال ٦٢ د ، ٦٧ جـ ) . ومن المحتمل أن كل قطعة كلوية تعطى انيبوبة بولية فى اسلاف الفقاريات . وكما هى الحال فى القطع

الجسمية فان تشكل القطع الكلوية يحدث فى الجنين من الأمام الى الخلف ، فتلك التى توجد فى الأمام هى أقدم أعضاء مجموعات الأنيبوبات بينما تلك الموجودة فى النهاية الخلفية هى آخرها فى التكوين .

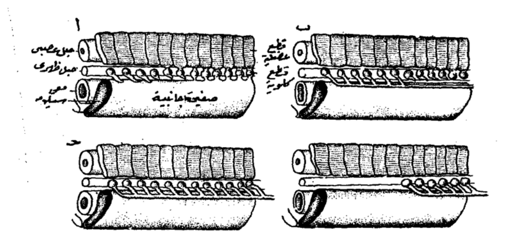
وسرعان ما تتكون فى الجنين قناة طولية على كل جانب تجمع البول من مجموعة الوحدات المرتبة عقليا . وغالبا ما تتحد القناتان قبل أن تفرغا محتوياتهما للخارج فى منطقة المجمع . وهذه القناة الكلوية البدائية تسمى هنا قناة الكلية(١) القديمة والقناة مثل الأنيبوبات تنشأ




شكل ٢٦٨ ــ اشكال توضيحية لأنماط الكلى . أ ــ الكلية الأمامية ( جنينية ) ب ــ النفروس الكامل نظريا ( كل عقلة جسمية لها انيبوبة واحده ) مثل ما هو موجود فى جريث صغير أو برمائى عديم الأرجل . جـ ــ الكلية الخلفية . أ ــ الكلية الأمامية مختصرة أو متخصصة . الأنيبوبات مرتبة عقليا كما فى الجريثات . د ــ كلية خلفية مثالية . تتضاعف الأنيبوبات فى القطع الخلفية . وقد تأخذ الخصية الجزء الأمامى من الجهاز كما يوجد اتجاه لتكوين قنوات كلوية اضافية ( أغلب اللارهليات ) . هـ ــ الكلية الخلفية فى الرهليات . هى كلية خلفية مع قناة واحدة اضافية هى الحالب الذى يجمع من كل الأنيبوبات . فى أ ــ كلا جانبى الجسم موضحان أما فى ب الى هـ فالموضح جانب واحد فقط ( قارن شكل ٢٨٨ ) .

---

(١) قناة وولف وقناة الكلية الأمامية وقناة الكلية المتوسطة كلها أسماء تطلق على نفس القناة فى أطوار تكوينية مختلفة .




شكل ٢٦٩ ــ شكل توضيحي للجزء الأمامى من الجــذع فى الجنــين ( الجلد منزوع ) ليبين تكوين قناة الكلية القديمة . أ ــ اقصى الأمام ــ الكلية الامامية ــ القطع الكلوية تكون انيبوبات تميــل للالتحــــام فى الخلف ب ــ انيبوبات الكلية الامامية وقد كونت القناة . بعض القطع الكلوية فى الخلف تكون انيبوبات تتصل بالقناة . جـ ــ الأنيبوبات فى اقصى الخلف اتصلت مع القناة . د ــ الكلية الامامية فقدت ولكن قناة الكلية القديمة التى تكونت منها تبقى لتصفى من الجزء الخلفى من الكلية .

من الميزودرم . وهى تنشأ غالبها من التحام اطراف الوحدات الكلوية الموجودة فى اقصى الأمام واولها تكوينا ( شكلى ٢٦٨ أ ، ٢٦٩ أ ، ب ) وهى تنمو نحو الخلف على طول السطح الجانبى للقطــع الــكلوية ( أو شريط النسيج المولد للكلى ) وكلما تكونت الأنيبوبات اكثر فى الخلف فانها تنمو نحو الخارج لتتحد معها ( شكل ٢٦٩ هـ ) . والنتيجة النهائيــة هى كلية كاملة مثالية . كلية لها انيبوبة واحدة فى كل قطعــة من قطــع الجسم وعلى كل من جانبيه ، وتصفى هذه المجموعات خــلال زوج من القنوات الكلوية القديمة ( شكل ٢٦٨ ب ) .

ومثل هذه الكلية الكاملة المثالية توجد فى يرقات الجريثات والبرمائيات عديمة الارجل فقط . وفى الأطوار اليافعة حتى لأدنى الفقاريات المعــاصرة جزء الجهاز الأنيبوبى الكلوى فى اقصى الامام وهو الأول فى التكوين متخصص ويتحلل . وتسمى هذه الأنيبوبات الأمامية بالكلية الأمامية ( اشكال ٢٦٨ أ ، ٢٦٩ ب ، ٢٧٠ أ ) . والجزء المتبقى من الجهاز الكلوى ــ وهو الذى تتكون منه بطريقة او بأخرى كلية الحيوانات اليافعة الفقارية المعــاصرة ــ قــد

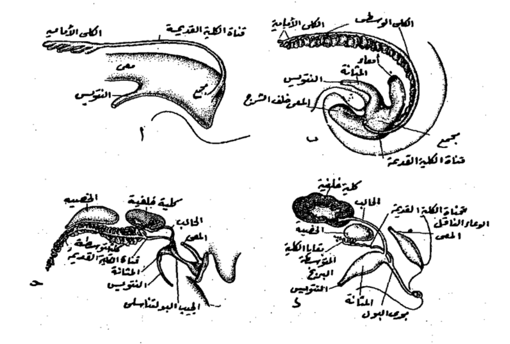
يسمى فى مجموعه بالكلية الخلفية أو « كلية الظهر » ( شكل ٢٦٨ جـ ، د ). وتختلف هذه الكلية الخلفية عادة عن الكلية الكاملة ( أو النفروس الكامل ) نظريا فى ثلاث خصائص :(١) الأنيبوبات الأمامية(الكلية الأمامية)قد فقدت ــ (٢) يختفى التنظيم العقلى البسيط فى الحيوانات فوق مستوى الجريثات ــ (٣) تستعمل قناة الكلية القديمة فى أغلب مجموعات الفقاريات لنقل الحيوانات المنوية ، وقد تتكون قناة بولية جديدة .

**تكوين الكلية فى الرهليات :** لكى نبين ما يقابل عكس الكلية الكاملة المثالية تماما سوف تبتعد عن التسلسل المنطقى ونصف نمو الكلية فى حيوان رهلى ، وعلى الأخص فى حيوان ثديى . ففى الثدييات وفى أثناء عملية تشكيل الميزودرم تتكون مجموعات قصيرة من الأنيبوبات عند الطرف الخلفى للرأس ومنطقة الرقبة مستقبلا ككلية امامية ،وعلى اتصال بهذه المجموعات تتكون قناة الكلية القديمة التى تنمو سريعا نحو الخلف حتى منطقة المجمع ( شكل ٢٧٠ أ ) . وتقوم هذه الأنيبوبات بوظيفتها لمدة قصيرة ثم تتلاشى . وفى هذه الأثناء يستمر تشكيل الأنيبوبات نحو الخلف بدون انقطاع لكى تكون تركيبا كلويا جنينيا ثانويا هو الكلية الوسطى ( شكل ٢٧٠ ب ) التى تقوم بوظيفتها فى معظم الحياة الجنينية فى الثدييات ، وقد تبقى الى ما بعد الولادة فى الزواحف . وقد تكون أنيبوبات الكلية الأمامية أحيانا اثرية وبدون كريات كلوية . وعلى العكس من ذلك تكون العناصر المكونة للكلية الوسطى المثالية كاملة التكوين ، وهى تكون فى البداية تنظيما قطعيا ، ولكن يحدث بعد ذلك تضاعف فى عدد الأنيبوبات يختفى معه الشكل القطعى .

وباستمرار النمو تتلاشى الكلية الوسطى أيضا وتقوم بوظيفتها الكلية الخلفية وهى الكلية العاملة فى الجنين المتأخر والحيوان الثديى اليافع . وتنشأ هذه الكلية ( شكل ٢٧٠ جـ ، د ) من اقصى الجزء الخلفى للنسيج المولد للكلى والذى يكون كتلة منضغطة فى سقف المنطقة القطنية للتجويف البطنى . ويتكون فيها عدد كبيرمن الأنيبوبات الكلوية وهى تشبه أسلافها فى أنها لا تفتح فى قناة الكلية القديمة ولكن بدلا من ذلك فهى تصرف عن طريق قناة جديدة هى الحالب الذى ينشأ من قناة الكلية القديمة بالقرب من نهايتها الخلفية ثم ينمو الى اعلى والى الأمام ليدخل الكلية الأخيرة ، ويتصل بأنيبوباتها المتكونة حديثا .

ترى من هذه القصة تكوين ثلاثة تراكيب كلوية متتابعة في أجنة الرهليات ـ الكلى الأولى والكلى الوسطى والكلى الأخيرة . ويقال في الغالب ان هـذه الثلاثة هي ثلاث كليات متميزة تتتابع الواحدة بعد الأخرى في تاريخ السلالة كما تتتابع في التاريخ الجنيني . ومع ذلك وعند أمعان الفكر قد يظهر انه لا يوجد سبب قوى لنصدق هذا . ويمكن شرح الاختـــلافات بسهولة على اسس وظيفية . فالثلاثة تظهر كأنها اجزاء متخصصة من الكليـــة الكاملة الأصلية التى تقوم بوظائف مختلفة .

انيبوبات الكلى الأولى متغيرة وغالبا ما تكون أثرية فى طبيعتها ، ولكن ليس هناك حد فاصل فى التركيب بينها وبين أنيبوبات الكلى الوسطى التى تليها مباشرة . وصفتها المميزة الوحيـــدة هى أنها تكون هنا قناة الكليـــة



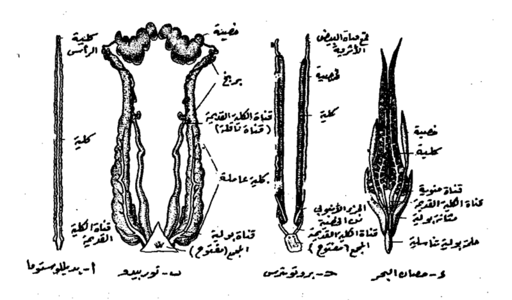

شكل ٢٧٠ ـ رسوم توضيحية تبين الكلية الأخيرة لجنين حيـوان رهلى ( ذكر ) كما يرى من الجهة اليسرى . ا ـ الكلى الأمامية والقناة متكونتان . ب ـ الكلية الوسطى متكونة جزئيا . جـ ـ الـكلى الأولى متلاشية . الجزء الخلفى من الكلى الوسطى عامل . الحالب متكون وتبدأ الكلى الأخيرة فى التكوين . د ـ طور محـدد : الـكلى الوسطى تلاشت وتستخدم الانيبوبات والقناة فقط لنقل الحيوانات المنوية والكلية الاخـيرة هى الكلية العاملة .

القديمة . ولكن ليس هناك شيء هام او غير واضح حقيقة بالنسبة لهذا ، اذ ان هذا هو ما يحدث عمليا . فعندما تتكون الأنيبوبات الأولى تبدأ فى العمل مباشرة . ولا يتأخر تكوين القناة البولية حتى تتكون الكلية كلها كما لا تتأخر الأنيبوبات الأمامية بعد ذلك طويلا .

وتتميز سريعا فى الرهليات الكلية الوسطى والكلية الخلفية . والكلية الأخيرة أكبر حجما واتساعا ومزودة بقناة واضحة . ولكنها مع كل ذلك تتكون من جزء — حتى ولو كان هذا الجزء عريضا جدا — من نفس شريط الأنسجة الذى يكون الكلية الامامية والكلية الوسطى فى الامام . ويرجع ظهور قناة خاصة الى استحالة تصريف منتجات جميع هذه الانيبوبات الكثيرة العدد المتكونة من هذا النسيج فى قناة الكلية القديمة ( علاوة على ان القناة القديمة تستعمل فى نقل الحيوانات المنوية ) . وكلتا الكليتين الوسطى والخلفية أجزاء من الكلية الخلفية . وتتكون الأولى سريعا لتؤدى وظيفتها فى الجنين اثناء التكوين البطيء للكلية الاخيرة المعقدة .

**كلية الراس :** فى الأسماك الشبيهة بالقرش والرهليات تكون الكلية الأمامية قصيرة العمر جدا . وعلى العكس من ذلك توجد حالات فى الاسماك الأخرى وفى البرمائيات ( ذات البيض المحى الصغير ) حيث يضطر الجنين لان ينشط فى البحث عن اليرقات ليتغذى فى طور مبكر . وتبقى الكلية الامامية فى مثل هذه اليرقات لتؤدى حاجتها الاخراجية ، وهى مع ذلك متخصصة للغاية وتسمى بكلية الراس نتيجة لموضعها الامامى . ويتناقص عدد الأنيبوبات التى تكونها الى واحد او ثلاث انيبوبات ملتوية كبيرة تقوم مشتركة بوظائفها بتصفية السوائل من جمع واحد كبير يقع فى جيب خاص من التجويف السيلومى . وتختفى قادة كلية الراس اليرقية هذه فى الحيوان اليافع ( وغالبا ما تمثلها كتلة من النسيج الليمفى ) ولكنها تبقى مدى الحياة فى الجريثات وكثير من الاسماك كاملة التعظم .

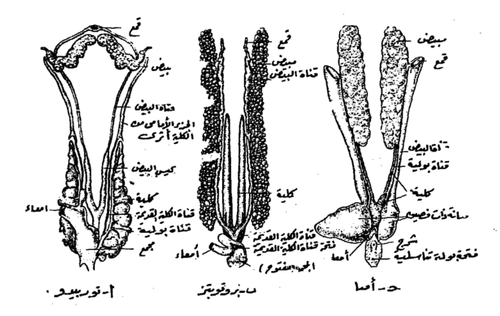
**الكلية الخلفية فى اللارهليات :** ( أشكال ٢٧١ ، ٢٧٢ ، ٢٧٣ ) . ان التمييز بين أجزاء الكلية الوسطى والكلية الخلفية فى الفقاريات الدنيا لا يكون واضحا كما هى الحال فى الحيوانات الرهلية ، ومن المستحسن تسمية كل التركيب بالكلية الخلفية والتركيب بسيط جدا فى الجريثات ، فالكلية الطويلة الرفيعة لها عدد صغير من الانيبوبات مرتب اساسا على نمط عقلى بطول الجذع وتصفى جميعها مباشرة عن طريق قناة الكلية




شكل ٢٧١ ـ منظر بطنى للأجهزة التناسلية البولية فى الذكور . أ ـ الجريث المخاطى « بدللوستوما » . ب ـ صفيحى الخياشيم « توربيدو » . جـ ـ السمكة الرئوية « برتوبترس » . د ـ سمكة كاملة التعظم حصان البحر « هيبوكامبس » . فى أ ـ الخصية غير مبينة ، معلقة من مساريقا تقع بين الكليتين وليس لها اتصال بهما . فى ب ـ الخصية تتصل بالجزء الأمامى من الكلية كبربخ كما هو الحال فى أغلب الفقاريات الأرضية وتستخدم كل قناة الكلية القديمة كقناة منوية . فى جـ ـ قنوات الخصية تصفى ـ على العكس ـ من الجزء الخلفى للكلية فقط ومنه الى قناة الكلية القديمة . فى د ـ القناة المنوية مستقلة عن الجهاز الكلوى ( أ عن كونل و ب عن بورسيا و جـ عن كر و باركر و د ـ عن ادواردز ) .

القديمة ( شكل ٢٦٨ جـ ؛ ٢٧١ أ ؛ ٢٧٧ أ ) . وتتشابه الجلكى فى تركيب الكلى الا أن الأنيبوبات تكون أكثر عددا ؛ وقد يزداد عدد الأنيبوبات فى الأسماك العظمية ، ولكن التصفية لا تزال عن طريق القناة الأصلية مباشرة ، والكلية عادة عبارة عن تركيب رفيع وطويل ( أشكال ٢٧١ جـ ، د ؛ ٢٧٢ ب ؛ جـ ؛ ٢٧٧ و ، ز ) .

ويكون التركيب أكثر تعقيدا فى اللارهليات الأخرى ( أشكال ٢٦٨ د ، ٢٧١ ب ؛ ٢٧٢ أ ، ٢٧٣ ؛ ٢٧٧ جـ ، د ) . فيميل الجزء الأمامى للكليـــة



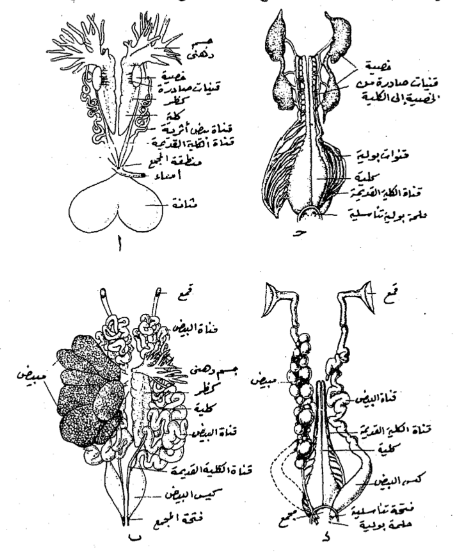

شكل ٢٧٢ ــ منظر بطنى للجهاز البولى التناسلى للأنثى فى ا ــ صفيحى الخياشيم « توربيدو » . ب ــ السمكة الرئوية « بروتوبترس » و جـ ــ سمكة الأميا المشععة الزعانف البدائيـة ( فى التوربيـــدو غدة القشرة غير متكونة ) . ( أ عن بورسيا ، ب ــ عن باركز وكـر ، جـ ــ عن هيرتل وجودريش ) .

الخلفية الطويلة الى التناقص بينما يزداد الجزء الخلفى فى الاتساع كثيرا مع تضاعف كبير فى عدد الأنيبوبات ويدل هذا على ما يحدث فى الرهليات (*) . ويوجد علاوة على ذلك تقارب نحو حالة الرهليات فى جهاز القنوات . وقد يظل جزء من التصفية البولية عن طريق قناة الكلية القديمة ، ولكن هنـاك اتجاها قويا فى الأسماك الشبيهة بالقرش والبرمائيات لتكوين قنوات منفصلة تشير الى تكوين الحالب فى الرهليات وميل الى ترك القناة القديمة خالصـة لنقل الخيوانات المنوية فى الذكر .

**كلية الرهليات** : كما قد وضح من هذا الملخص للتاريخ السلفى لتكوين الكلية فى الفقاريات الدنيا ومن وصفنا السابق لنمو الثدييات فان كليـة الرهليات نوع نهائى متخصص ، حيث هناك ميل نحو التركيز فى الخلف

(*) الضفادع هنا ( كما هو فى الغالب ) شاذة ، لانه لكى تتناسب مـع الجسم القصير جدا تصبح الكلية تركيبا مدمجا وقصيرا .

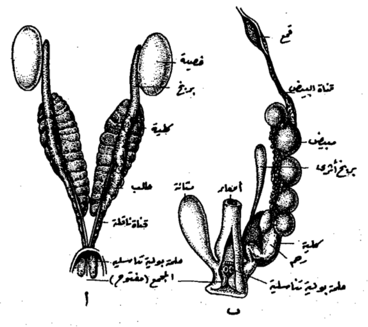
وتكوين جهاز قنوى جديد يصل الى القمة فى التكوين مع ايجاد حالب مستقل. ويقوم الجزء الأمامى للكلية الخلفية القديمة بوظيفتـــه فى الجنين فقط ، وتتكون الكلية فى الحيوان اليافع بالتوســـع الكبير فى النسيج الكلوى نحو



شكل ٢٧٣ ــ الجهـــاز البولى التناسلى فى البرمائيـــات . ا ، ب الأعضاء الذكرية والأنثوية للضفدعة ( رانا ) . فى ب ــ المبيض ( مبـين فقط فى الجانب الأيمن للجسم ) ، حالة قريبة جدا من النضج الجنسى . المثانة والأمعاء غير موضحين فى ب ، جـ ، د ــ الأعضـــاء فى ذكر وأنثى حيوان برمائى ذيلى ( سلامندر ) . فى جـ ــ القنوات البولية فى الجهة اليمنى فصلت ونشرت لأظهار اتصالها بالكلية . فى د ــ مبيض الجهة اليمنى هو الموضح فقط . قناة المبيض لنفس الجهة نزعت جزئيا لاظهار القنوات البولية الخلفية . مناظر بطنية ( أ ، ب عن ماك أيون ) .

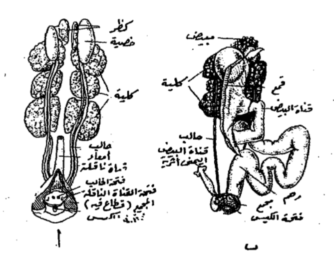
مؤخرة الجذع ( راجع شكل ٢٦٨ هـ ؛ ٢٧٧ هـ ) . وتكون الكلية البعـدية أو الخلفية فى الزواحف ( شكل ٢٧٤ ) غالبا مشرشرة فى مظهرها ، وتحتوى فى العظاءات « السحالى » على عدد من الأنيبـوبات الـكلوية التى قـدر عـددها فى انواع مختلفـة بأن يتراوح بين ٢٠٠٠ ر ٢٠٠٠٠ ، والـكلية بالمثل فى الطيور ( شكل ٢٧٥ ) مفصصة تماما وتحتـوى على عدد كبير من الأنيبوبات التى تبلغ ٢٠٠٠٠٠ فى الدجاجة على سبيل المثال . ويتناسب هذا كما يظهر مع النشاط الأيضى الكبير فى الطيـور ، ومن ثم الى ازدياد الحاجة الى التخلص من النفايات . وعدد الأنيبوبات كبير أيضا فى الثدييات ، فيظهر أن للفأر حوالى ٢٠٠٠٠ وفى الثدييات الكبيرة مثل الانسان أو البقرة قد يصل العدد الى المليون .

وكلية الثدييات ( شكل ٢٧٦ ) تركيب مدمج وغالبا ما تشبه فى الشكل حبة الفول ولها تجويف هو السرة التى تدخل من خلالها الأوعيـة الدموية




شكل ٢٧٤ ـ الأعضاء البولية التناسلية فى الزواحف . أ ـ الأعضـاء الذكرية فى السحلية«الورل». ب ـ الأعضاء الأنثوية فى « الاسفينودون». فى أ ـ حذفت المثانة . فى ب ـ نزى المثانة وقـد ازيحت الى أحـد الجانبين . فى ب ـ الأعضاء الموجـودة على الجـانب الأيسر فقط هى الموضحة .

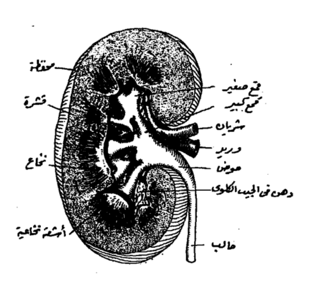
منظر بطنية ( أ عن فاندبروك ؛ ب ـ عن أوساوا )




شكل ٢٧٥ ــ الأعضاء البولية التناسلية في الحمامة . ا ــ ذكر ، ب ــ انثى الكيس( الفابريسى ) عبارة عن جيب وظيفته غير معروفة يفتح في الجهة الظهرية للمجمع في الطيــور ( أ عن روسيلر ولامبرخت ؛ ب ــ عن باركر ) .

والحالب . ويتسع الحالب داخل الكلية ليكون الحوض الكلوى الذى ينقسم أحيانا الى عدد من الاقماع تفرغ من داخلها الأنيبوبات الجامعة . وفى قطاع فى الكلية يظهر انها تتكون من قشرة ونخاع ، ويضم الأول الجمعات والأنيبوبات الملتوية ، أما الأخير ( وهــــو مخطط فى مظهره ) فيحتوى على عقد هنـــــل والأنيبوبات الجامعة .

ونستطيع أن نعترض هنا ونذكر طبيعة الامداد الدموى الى الكليـــة . فوظيفة الترشيح الكبرى التى تقوم بها الجمعات لها فى كل الحالات امـــداد دموى عن طــريق أفرع من الأورطى . ففي دائريات الفم من جهـــــة وفى الثدييات من جهة اخرى يكون كل الامداد الدموى الى الكلية امدادا شريانيا . ومع ذلك ففي كل المجموعات التى تتوسطهما من الاسماك ذات الفكوك الى الزواحف والى درجة خفيفة جدا من الطيور نجد امدادا دمويا اضافيـــا فى الجهاز الكلوى البابى ( قارن شكل ٣٣٠ ) ؛ ولا بد للدم الوريدى فى طريقه الى القلب من الذيل أو من الأرجل الخلفية أو من كليهما ان يمر فى جهـــاز من الشعيرات الدموية داخل الــكلية . ويغمر الأنيبوبات الملتــوية ولــكنه لايختص ابدا بالجمعات .

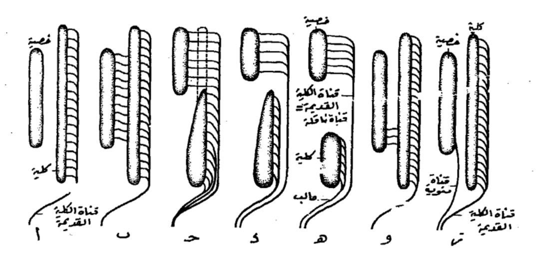



شكل ٢٧٦ — قطاع فى كلية ثديية
( عن ويندل )

**تطور القنوات البولية** ( شكلى ٢٧٧ ، ٢٨٨ ) . فى كلية الفقاريات البدائية — كما يرى فى دائريات الفم — يكفى زوج واحد من القنوات الكلوية القديمة لتصفية البول . وتطرح الحيوانات المنوية والبويضات فى دائريات الفم داخل التجويف البطنى فى طريقها الى الخارج . وفى الفكيات مع ذلك تصبح الانيبوبات المنوية على اتصال بالانيبوبات الكلوية وتستعمل قناة الكلية الأصلية كممر لها . وفى قليل من الفقاريات الحديثة من الأسماك الرئوية الاسترالية ومشععة الزعانف الدنيا والضفدعة الشائعة وقليل من البرمائيات الأخرى — تقوم هذه القناة بنقل الحيوانات المنوية والبول فى نفس الوقت ، وعادة ما يكون القيام بهذه الوظيفة الثنائية الثقيلة غير كاف ، ولهذا يظهر أن هناك ( هكذا نقول ) نضالا بين الأجهزة البولية والتناسلية على تملك قناة الكلية القديمة .

وكان الجهاز البولى هو الفائز فى حالة الأسماك العظمية . وفى الأسماك الرئوية الافريقية والموجودة فى جندب أمريكا والبوليبترس ( شكل ٢٧٧ و . قارن شكل ٢٧١ جـ وشكل ٢٨٨ جـ تدخل الحيوانات المنوية قناة الكلية ولكن بالقرب من نهايتها الخلفية فقط . اما فى الأسماك كاملة التعظم فقد تكونت قناة مستقلة منفصلة لنقل الحيوانات المنوية . اما قناة الكلية

القديمة فقد عادت الى وظيفتها البولية الأصلية ( شكل ٢٧٧ ز قارن شكل ٢٧١ د ، ٢٨٨ د ) .



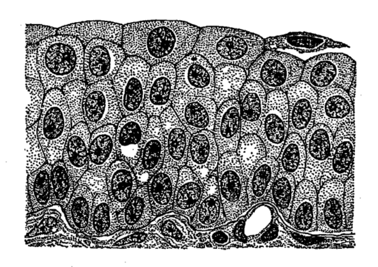

شكل ٢٧٧ ــ اشكال توضيحية لتخصص القنوات البولية والتناسلية فى ذكور الفقاريات المختلفة . مناظر بطنية والجانب الأيسر هو الموضح فقط . ا ــ الحالة فى دائريات الفم : قناة الكلية القديمة وحدها للجهاز البولى والمنسل غير مشترك .

ب ــ حالة يظهر انها بدائية للفكيات توجد فى الاستيرجون وابو منقار : تتصل الخصية فى مناطق مختلفة بالكلية ومن ثم بقناة الكلية القديمة . جـ ــ حالة بعد (ب) كما يرى فى كثير من القروش والبرمائيات الذيلية : اتخذت الخصية الجزء الامامى للكلية الأصلية اما الجزء الخلفى العامل من الكلية فيميل الى التصفية بعدد من القنوات الشبيهة بالحالب . د ــ حالة اكثر تقدما فى اتجاه الرهليات . توجد فى بعض القروش . والبرمائيات الذيلية اذ تتم تصفية الكلية عن طريق قناة واحدة تشبه الحالب . فى الاناث ( غير مرسومة ) للأنواع الممثلة بذكورها فى جـ ، د ــ يكون الاتجاه نحو تكوين قنوات جديدة لتصفية الكلية غير محدد تماما كما هو فى الذكور . والحالة المبينة فى ــ د ــ قد وصلت اليها اناث قليلة من الحيوانات تحت مستوى الرهليات . هـ ــ حالة الرهليات: حالب واحد مستقل يوجد فى كلا الجنسين د ، ز ــ أسماك رئوية وأسماك كاملة التعظم توضح التخصص بالأسماك العظمية الحديثة : تميل الخصية الى تركيز اتصالها فى اتجاه النهاية الخلفية للكلية ( كما هو فى و ) وفى الأسماك كاملة التعظم تتكون قناة منوية منفصلة تاركة قناة الكلية القديمة لتقوم بوظيفتها البولية الأصلية . لاحظ أن قناتى المنى والبول فى ــ ز ــ لا يمثلان على الترتيب القناة الناقلة والحالب كما قد يبدو لأول وهلة .

فى كل الفكيات الأخرى اتجه النضال نحو الطريق الآخر . فقد اختصت قناة الكلية القديمة بنقل الحيوانات المنوية فى الذكر ، وهناك تكوين جزئى او كلى لقنوات جديدة لتصريف البول . وتوجد فى شكل ٢٧٧ جـ ــ د رسوم توضيحية للأطوار التى تمر بها هـــذه العملية كما تحدث فى صفيحيـــة الخياشيم من جهة والبرمائيات من جهة اخرى . وفى كلتا المجموعتين ( كما قد ينتظر ) يتقدم تكوين قنوات كلوية جديدة من ناحية تطور الاجنـــاس ، ويكون أبطأ فى الاناث ــ حيث لا توجد منافسة ــ منه فى الذكور . والطـور الأول فى التخصص هو الذى تتكون فيه قنوات بولية جامعة قصيرة تصب فى الجزء الخلفى من قناة الكلية القديمـــة . ويوجد غير ذلك فى كثير من البرمائيات واناث القروش طور آخر تكون فيه الأنابيب البولـيـة فى اقصى الخلف متجهة وحدها الى المجمع ، فى حين ان الانابيب البولية الموجودة فى اقصى الأمام لا تزال تصب فى القناة القديمة . والتكوين النهائى الذى تصل اليه ذكور القروش ــ وبطريقة موازية فى قليل من ذكور البرمائيات ــ هـو الذى تتحدد فيه كل القنوات من الكلية لتكون قناة واحدة تؤدى مستقلة الى المجمع تاركة قناة الكلية القديمة خالصة لنقل الحيوانات المنوية . وهنا نصل الى تكوين قناة بولية جديدة تقارن بالحالب الذى سبق وصفه كقناة عاملة فى رتب الفقاريات الرهلية العالية .

**المثانة البولية :** تتكون فى اغلب الفقاريات مثانة من نوع ما ككيس قابل للتمدد من الممكن أن يختزن فيه البول . ففى اناث الأسماك صفيحيـــة الخياشيم وبعض الأسماك العظمية الأكثر بدائية . ( أشكال ٢٧٢ جـ ، ٢٩٣ د ، هـ ) تتكون مثانة بولية صغيرة من الأطراف الخلفية المتصلة لقنوات الكلية القديمة نفسها او عند الطرف الخلفى لكل قنـــاة . وفى ذكور الأسماك صفيحية الخياشيم تنقل قنوات الكلية القديمة الحيوانات المنوية ولاتتكون مثانة على طولها ولكن قد يوجد اتساع صغير يشبه المثانة فى القنوات البولية الاضافية التى تتكون فى هذه المجموعة . ولكن فى دائريات الفم وفى الأسماك كاملة التعظم ( شكلى ٢٧١ د ، ٢٩٣ أ ) قد تتكون مثانة من جزء منقبض من المجمـــع .

وهذا النوع الأخير من التكوين هو الذى تتكون به المثانة فى الفقـاريات الأرضية ، وفى رباعيات القدم تكون المثانة مفيدة كاجراء صحى ، وفى كثير من الحالات ( كما فى الضفادع والسلاحف ) كمصدر يمكن أن يمتص مــــنه المـاء لمقاومة الجفاف فى الظروف الأرضية . وتنمو المثانة فى البرمائيات والزواحف



شكل ٢٧٨ ــ قطاع فى مثانة جيوان ثديى يبين الطلائية الانتقالية ويرى هنا النسيج الطلائى كما هو فى حالة الارتخاء وعند ما تكون المثانة منبسطة ، وهذا النوع الطلائى الخاص قد يشد بقوة ويختصر سمكه الى الثلث أو كما هو مبين هنا ( عن ويندل )

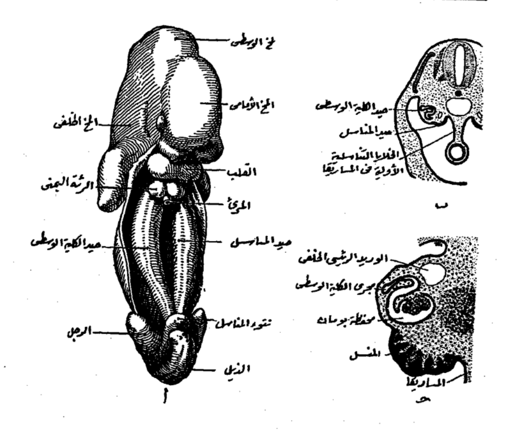
غالبا كنمو خارجى من أرضية المجمع ( اشكال ٢٧٣ أ ، ٢٧٤ ب ، ٣٩٤ أ). وتفتقد هـــذه أحيانا اتصـــالها المباشر مـــع قنوات الكلية . ويتـــم اخراج البول من المثانة عن طريق الفتحة المشتركة للمجمع . وفى الثدييات يدخل الحالبان مباشرة إلى المثانة ولذلك فليس من الضرورى مرور البـــول خلال تجويف المجمع ليصـــــل الى المثانة . وبين الزواحف تختفى المثانة فى بعض العظايا « السحالى » وفى الثعـــابين والتماسيح وأكثر من ذلك تختفى المثانة فى الطيور الا فى النعام . وفى غياب المثانة يصب البول فى المجمـــع وقد يختلط بالبراز . وقد لاحظنا فى فصل سابق ان المثانة تلعب دورا هاما فى النمو الجنينى للرهليات لأن الرهل ، وهو غشاء جنينى مهم يتكون كنمو خارجى من المثانة البولية .

ومثانة رباعيات القدم تركيب قابل للتمدد كثيرًا مجهز بجدران سميكة وخاصة فى الثدييات مع غطاء سميك من العضلات الملساء . أما البطانة فهى من نوع خاص يسمى بالطلائية الانتقالية ولو ان هذه التسمية غير دقيقة ( شكل ٢٧٨ ) . وعندما تكون المثانة فارغة يظهر انها ذات طبيعـــة سميكة مخططة ، وعندما تتمدد تكون لها القدرة فى أن ترق الى أن تصبح من طبقة أو اثنين من الخلايا الحرشفية .

## أعضاء التناسل

التكاثر الجنسي عام في الفقاريات ، وغالبا ما تكون الأجناس منفصلة وظيفيا في كل الحالات . وأساس التراكيب التناسلية هو المناسل( المبايض أو الخصى ) ، وفي هذه الأعضاء تتكون الأمشاج او الخلايا التناسلية ( البيض والحيوانات المنوية ) ، وباتحادهما يبدأ تكوين الجيل الجديد . وفي كل الفكيات تصحب المناسل انابيب أو قنوات لحمل الامشاج وقد تكون في حالات خاصة لحماية وتغذية الصغار النامية داخل جسم الأم . وتتكون في مجاميع مختلفة أعضاء التلقيح لتساعد في التلقيح الداخلي للبويضات. وتؤثر الصفات الجنسية الثانوية غالبا في حجم الجسم عموما او في نسبة او في الصفات الخارجية مثل ريش الطيور والغدد اللبنية في الثدييات والمناطيح والقرون في الحيوانات المجترة .

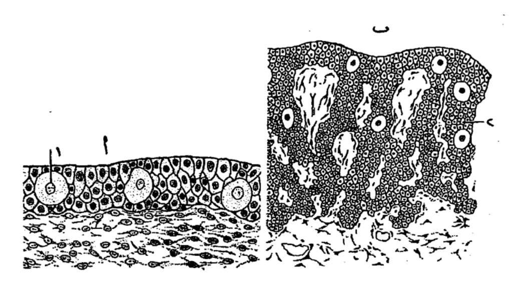
**تكوين الجنس :** يعتمد جنس الفرد أساسا على طبيعة الصفات الوراثية الموجودة في الكروموزومات وهي عملية موازنة بين احتمالات الذكورة والأنوثة التي تنتقل من كلا الأبوين . ويعتمد التكوين المبكر للجنين أساسا كما ذكر في الفصل الخامس على الترتيب الموجود فعلا في البيضة غير الملقحة . وتأثير الحيوان المنوي والصفات الوراثية التي ينقلها لا يمكن معرفتها الا في طور متأخر نسبيا . وعلى هذا فالجنين المبكر — وهكذا نقول — لا يعرف الى أي جنس سينتمي ولا بد أن يكون مهيأ لأي من الاحتمالين . ولذلك نجد أن الأعضاء التناسلية تبقى في مرحلة غير متميزة بعضا من الوقت تتقدم في أثنائه المناسل والقنوات التناسلية كثيرا في نموها دون أن تظهر علامة خاصة الى الميل نحو أي اتجاه ذكري أو انثوي ( أشكال ٢٧٩ ج ، ٢٨٠ ) . وفي النهاية يظهر طور جنسي محدد . ومن المحتمل أن يكون مصحوبا بتأثير افرازي هرموني ، وتصبح المناسل محددة اما خصيا او مبايض . وتستمر فقط القنوات والتراكيب الأخرى الاضافية المناسبة لأحد الجنسين أو الجنس الآخر في تكوينها . اما التراكيب غير المناسبة للجنس الآخر فينتهي نموها وقد تمتص ولكنها تقف عن النمو أحيانا وتبقى كآثار في الحيوان اليافع . ومع ذلك توزن بدقة ميكانيكية تعيين الجنس، حتى انه في كثير من الفقاريات تتردد المناسل ( هكذا نقول ) بين الاحتمالين المتناوبين وقد تتجه الى التكوين في كلا البيض والحيوانات المنوية ، وفي حالات نادرة جدا فقط ( عائلات الاسماك كاملة التعظم سيرانيدي وسباريدي ينضج كلا النوعين من الامشاج في نفس الحيوان وفي نفس



شكل ٢٧٩ ــ ا ــ تشريح بطنى لجنين الانسان طوله ٩ مم . أزيلت القناة الهضمية لرؤية الحيود التناسلية والكلى ( حيد الكلية الوسطى ) بارزة الى أسفل فى التجويف السيلومى ( المفتوح ) ب ــ قطاع عرضى فى جنين مبكر طوله ٧ مم ، جـ ــ جنين متأخر قليلا طوله ١٠ مم . وفى الأخير تتكون الجنينية البدائية فى المنسل غير المميز كما تتكون الحوصلة والجمع فى نيبوبات الكلى ( عن آرى ) .

الوقت من الحياة منتجة بذلك « تخنثا وظيفيا » . ولكن الحالات بين الجنسية لنوع واحد أو لآخر غير نادرة . وهناك نسبة مئوية من الجريثات تبقى بين جنسية عقيمة طيلة الحياة ؛ وفى بعض البرمائيات ( كما فى الضفدعة المعروفة من جنس « الرانا » ) قد تكون بعض الأفراد اناثا ، وهى صغيرة ولكنها تتجه عندما تكبر نحو كفة الذكور من الميزان منتجة حيوانات منوية .

**المناسل :** تختلف السرعة التى تنمو بها أعضاء الاجهزة المختلفة من الفقاريات اختلافا كبيرا . فالجهاز العصبى على سبيل المثال ينمو




شكل ٢٨٠ ــ اطوار مبكرة فى تكوين مناسل الثدييات . ا ــ قطاع فى طلائية المنسل فى طور مبكر غير مميز . امهات الخلايا التناسلية الأولى موجودة ١ . ب ــ طور متأخر قليــــلا والأحبال الجنسية البدائية ٢ تنمو الى الداخل من الطبقة الطلائية . ( عن ماكسيمو وبلوم ) .

بسرعة جدا فى الأطوار المبكرة ، اما اعضاء التناسل من جهة اخرى فهى ابطأ الأعضاء نموا . ويتفق هذا مع حقيقة انه لابد لمعظم تراكيب الجسم أن تكون مستعدة للعمل عند الولادة ( أو حتى قبل ذلك ) ، الا أن الأعضاء التناسلية لا تعمل الا عندما يصل الفرد الى مرحلة البلوغ .

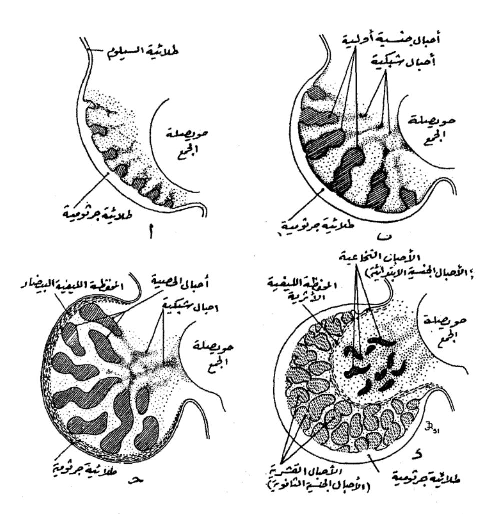
وتظهر المناسل فقط عندما تكون معظم أعضــــاء الأجهزة الأخرى قد تشكلت ، وكذلك يكون قد تم نمو التجاويف السيلومية . وتتكون حيـــود تناسلية طولية على طول سقف البلعوم وتكون وسطية بالنســـبة للكلى الجنينية وعلى كل من جانبى المساريقا الظهرية ( شكل ٢٧٩ ) . وتكون هذه الحيود طويلة فى البداية ولكن المناسل التى تتكون منها تصبح غالبا قصيرة نسبيا ومدمجة فى الأطوار الأخيرة مع ميل عادى لتركيز الأنسجة جهـــة الامام . وتستمر الطلائية الجرثومية لهذه الحيود متصلة بالبطانة الميزودرمية لبقية السيلوم ومكونة أهم العناصر التركيبيةالهامة فى المنسل ( أشكال ٢٧٩ ب ، ج ، ٢٨٠ ، ٢٨١ أ ) فالميزنكيم الذى يقع اسفل الطلائية يكون نسيجا ضاما ؛ وفى الفقاريات العليا ــ على الاقل ــ يعطى انسجة بينية يعتقد انهـا مصدر الهرمونات التناسلية .

وقبل نهاية المرحلة غير المميزة يتكون المنسل عادة كتركيب منتفخ يمتد الى اسفل داخل التجويف السيلومي ومن جداره الظهرى . وتتكون البطانة الجرثومية التى تغطى سطحه تراكيب تشبه الأصابع هى الأحبال الجنسية الأولية ( أشكال ٢٧٩ جـ ، ٢٨٠ ب ، ٢٨١ ب ) التى تنمو الى الداخل فى مادة المنسل . وتحتوى هذه الأحبال بالاضافة الى العناصر المدعمة على الخلايا الجرثومية التى ستتكون منها البويضات او الحيوانات المنوية فيما بعد .

ويبدو منطقيا أن نفترض ان هذه الخلايا الجرثومية تنشأ محليا داخل الطلائية الميزودرمية والتى تكون هى جزء منها ، ومع كل فهناك تحايل فى هذه القصة . وهناك ادلة واضحة تشير الى ان الخلايا الجرثومية الأولية التى تظهر فى المبيض او الخصية تأتى فى الحقيقة من الاندودرم . وفى كل الفقاريات من دائريات الفم الى الثدييات لوحظت هذه الخلايا الجرثومية فى الخلايا المبطنة للمعى ، وهى من الناحية الهيستولوجية مميزة تماما عن الخلايا العادية للقناة الهضمية . واذا تتبعنا مجموعة من الأطوار فمن الممكن ان نجد ان هذه الخلايا المميزة تترك جدار المعى وتهاجر — عن طريق الانسجة البينية ( شكل ٢٧٩ ب ) أو عن طريق مجرى الدم — الى الحيود التناسلية لتصبح الخلايا الجرثومية الأولية . ويعتقد أنها تكون على الأقل الجيل الأول من البيض أو الحيوانات المنوية . وسواء اكانت هذه الخلايا هى المصدر الاساسى لكل البيض ام الحيوانات المنوية التى تنتج فى اثناء حياة الفرد املا ، فان هذا غير مؤكد ، ومن الممكن ان تكون وظيفتها هى البداية فقط والتنشيط لعملية تكوين الأمشاج .

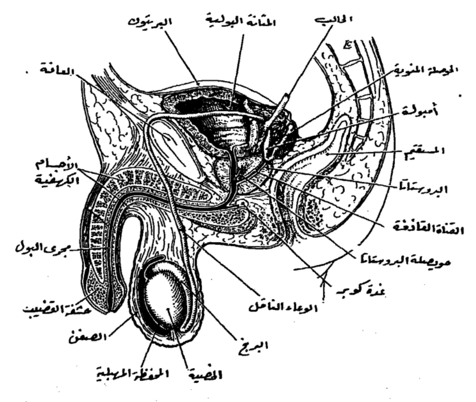
ويؤكد علماء الأحياء دائما حقيقة ان الخلايا الجرثومية فى الحيوانات عامة تكون نسيجا مستقلا جدا فى حين أن ما يتبقى من الجسم من هذه الوجهة ، فقط هو تركيب مؤقت لحماية البلازما الجرثومية الخالدة . وفى كثير من اللافقاريات تتميز الخلايا الجرثومية المستقبلة عن كل الجنين فى طور الانقسام المبكر . ومن المحتمل ان تكون هجرة الخلايا الجرثومية فى الفقاريات دليلا على طبيعتها المميزة المماثلة .

**المبيض :** انتاج البيض ( شكلى ٢٨٤ ، ٢٨٥ ) . فى تكوين المبيض بعد الطور غير المميز تتلاشى الأحبال الاولية وتتكون فى الداخل احبال جنسية ثانوية ( شكل ٢٨١ د . ) وفى داخل هذه الأحبال تنشأ البويضات




شكل ٢٨١ — تكوين الخصية والمبيض فى الثدييات . أ — الحيد التناسلى مع الأحبال الجنسية الأولية ينمو الى الداخل من الطلائية الجرثومية . وهذا الطور أصغر من ذلك المذكور ٢٨٠ ب — ب — المنسل لا يزال فى الحالة غير المميزة . الأحبال الجنسية الأولية متكونة تماما: والأحبال التى ستكون الشبكة الحصوية اذا كان المنسل سيصبح خصية فى طور التكوين . ج — تكوين الخصية : تتلاشى الطلائية الجرثومية وتحل محلها غلالة حول الخصية — تستمر أنيبوبات الخصية والشبكة الخصوية فى التكوين . د — التكوين المبكر للمبيض مع اختصار فى الأحبال الجنسية الأولية . وآثار التشابك مع تكوين كبير للأحبال الثانوية التى فيها تتكون البويضات من ناحية أخرى . ( عن بيرنس ) .

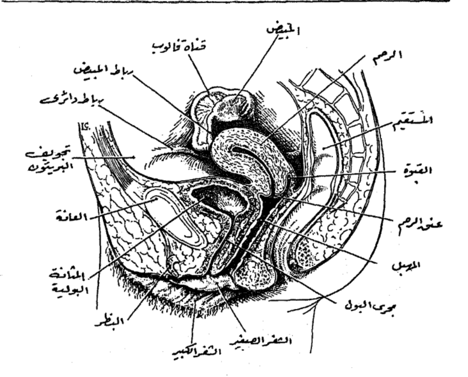
من الخلايا الجرثومية بعد انقسامات متكررة ، وذلك بعد عمليات نضج معقدة ( عملية نضج البويضات ) . وقد تحاط كل خلية بيضية ناضجة



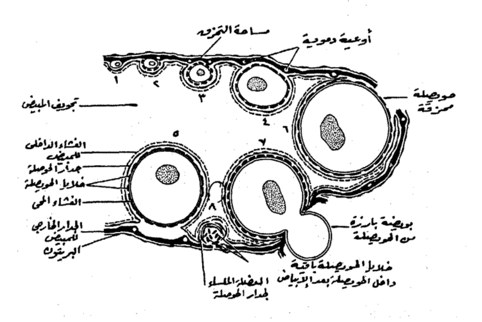

شكل ٢٨٢ ــ أعضاء التناسل فى الانسان ( عن تيرنر ) .

بمجموعة من خلايا أخرى من الأحبال الجنسية لتكون الحوصلة ؛ وكذلك قد تكون خلايا النسيج الضام غلافا آخر . وتساعد خلايا الحوصلة فى تغذية البيضة النامية ؛ كما أنها تصبح أيضا قاعدة لتكوين الهرمونات الجنسية . فى الأنواع ذات البيض الكبير المح تصبح الحوصلة كبيرة نسبيا مكونة انتفاخا على سطح المبيض .

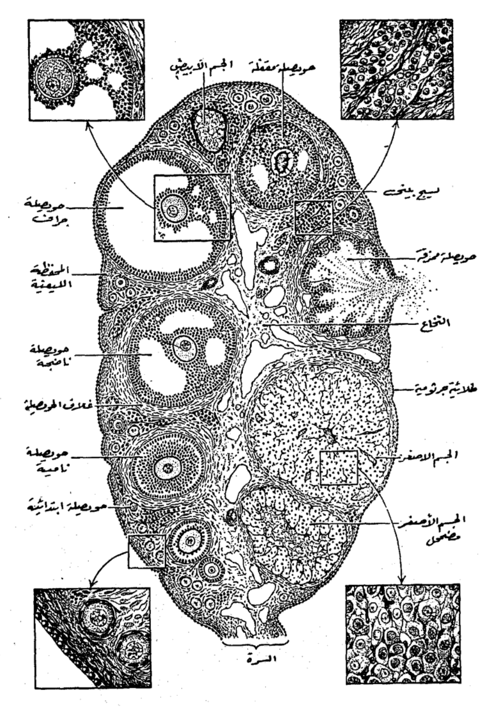
وفى فصول النشاط التناسلى تنفجر الحويصلات الناضجة من سطح المبيض الى التجويف السيلومى المحيط بها ــ عملية البيض . وفى أغلب الفقاريات الدنيا تمتص الحويصلة بسرعة ؛ ولكن فى الثدييات وفى بعض صفيحيات الخياشيم تبقى لبعض الوقت ويمتلىء تجويفها بجسم من مادة صفراء هى الجسم الأصفر الذى يفرز هرمونات هو البروجسترون وعدد البيض الناضج فى مبيض أغلب مجموعات الحيوانات ــ وفى أى وقت من الأوقات ــ صغير نسبيا تبلغ من اثنتين الى اثنتى عشرة بيضة فى أغلب الحالات . ومع ذلك فقد يوجد فى البرمائيات مئات أو حتى الآلاف من البيض




شكل ٢٨٣ ــ الاعضاء التناسلية فى انثى الانسان ( عن تيرنر )




شكل ٢٨٤ ــ شكل توضيحى لقطاع فى فص من مبيض الضفدعــة . ١ ــ ٥ تمثل اطوارا فى نمو الحوصلة . ٦ ، ٧ انفجار الحوصلة وخروج البيضة ٨ ــ حوصلة بعد الأبياض ( عن تيرنر ) .

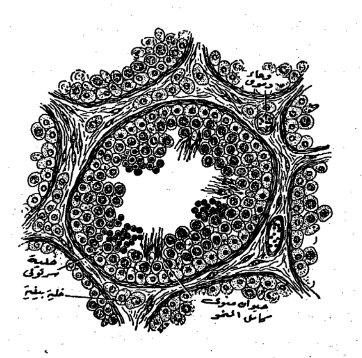



شكل ٢٨٥ — شكل توضيحي لمبيض حيوان ثديي . تطورات متتابعة في تكوين الحويصلة مبينة على اليسار . قد تنفجر الحويصلة ويتـكون الجسم الأصفر ( على اليمين ) وقد تتلاشى من غير البياض ( حويصلة مقفلة. ( عن تيرنر ) .

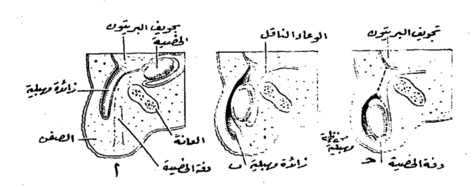
الناضج فى وقت التكاثر . وقد توجد فى الأسماك كاملة التعظم مئات الألوف أو حتى الملايين من البويضات الصغيرة جدا . ( قدر ما تضعه سمكة الكود بأربعة ملايين بيضة فى الفصل الواحد ) .

والمبيض عادة تركيب مزدوج ، وغالبا مايكون شكله بيضيا بسيطا فى غير فترات النشاط ، ولكنه غالبا ما ينتفخ ويصبح غير منتظم الشكل فى وقت التكاثر . وفى دائريات الفم وكثير من الأسماك كاملة التعظم يلتحم المبيضان. وفى كثير من صفيحيات الخياشيم لا يتكون المبيض الايسر ، اما فى الثدييات البدائية كخلد الماء . فالمبيض الأيسر فقط هو الذى ينضج وفى البرمائيات والزواحف يكون المبيض اجوف ويحتوى على تجويف وسطى ممتلىء باليمف وفى حالات اخرى يتركب الجزء الأوسط ــ النخاع ــ من نسيج ضام .

**الخصية :** التاريخ الجنينى المبكر للخصية من المرحلة غير المميزة الى وقت تكوين الاحبال الجنسية الاولية ( شكل ٢٨١ جـ ) .




شكل ٢٨٦ ــ منطقة صغيرة من خصية ثديية تبين انيبوبة واحدة وأجزاء من عدد من الأنيبوبات الاخرى فى قطاعات عرضية والنسج البين انبوبى (عن هوكور) .




شكل ٢٨٧ ـ نزول الخصية فى الثدييات . السطح البطنى للجسم على اليسار . أ ـ تكون الاستطالة المهبلية من تجويف الجسم ويكون بريتونها الطبقة المهبلية لكيس الصفن . الخط المتقطع فى جـ ـ مكان القناة الأربية فى الثدييات التى فيها لم يقفل الكيس تماما . ( عن تيرنر ) .

يشبه ذلك الخاص بالمبيض ، ومن هذه النقطة يتشعب الاثنان . لا تتكون أحبال جنسية ثانوية ، ولكن الأحبال الأولية هى التى تعطى سلسلة من التكوينات المجوفة التى تنضج فى جدرها الحيوانات المنوية . هذه التكوينات هى عادة أمبولات مستديرة صغيرة فى اللارهليات . أما فى الرهليات وبعض الأسماك كاملة التعظم يوجد بدلا من ذلك الأنيبوبات المنوية الممتدة ( شكل ٢٨٦ ) . وهى مبطنة بطلائية بها خلايا مدعمة نادرة نسبيا ـ خلايا سرتولى Sertoli cells ـ وعناصر جرثومية . وتوجد فى قاعدة هذه الطلائية عناصر قليلة مميزة هى امهات المنى ومنها تتكون بعد انقسامات متكررة الحيوانات المنوية التى عند ما تنضج وتطلق على سطح الطلائية تحتوى فى تركيبها على القليل الا الراس التى تحتوى على المواد المنوية وذيل طويل متحرك . وحتى فى الحيوانات الصغيرة قد يصل الانتاج الكلى لهذه الامشاج الدقيقة الى البلايين . وفى الفقاريات الدنيا تكون الأمبولات التى تنتج منها الحيوانات المنوية قابلة للتمدد وتشبه الى درجة ما حويصلات البيض . وعندما تخرج الحيوانات المنوية فى فصل التكاثر تمتص هذه السلسلة من الامبولات ليحل محلها غيرها وهى تبدأ فى تكوينهاببطء. وتمتاز الأنيبوبات المنوية فى الفقاريات العليا من جهة اخرى بأنها تراكيب دائمة .

وتميل الخصية عموما الى ان تكون تركيبا مدمجا له شكل منتظم اكثر من المبيض ولا تعتريه التغيرات الموسمية . وتلتحم الخصيتان فى دائريات الفم . وتلتحم جزئيا فى القروش ، أما فى الطيور المختلفة والثدييات فتميل الخصية اليسرى لتكون اكبر نوعا من اليمنى .

وتحتفظ المناسل البالغة فى أغلب الفقاريات بمكان لها فى الجزء العلوى من التجويف السيلومى . ويحدث مع ذلك نزول للخصية فى اغلب الثدييات . ويتكون من قاع التجويف البطنى زوج من الجيوب يبرزان الى الخارج ليكونا كيس الصفن .

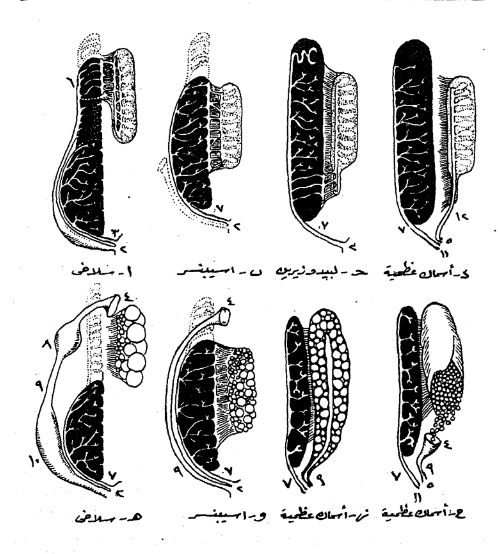
وتتحرك الخصيتان فى أثناء النمو من مكانهما الأصلى الى الخلف والى أسفل داخل هذه الأكياس متصلة مع التجويف البطنى فى بعض الحالات ، وقد تحسب الخصى الى داخل الجسم بين فصول التزاوج . وقد تبقى الأكياس فى الثدييات الأخرى مقفلة دائما ؛ ولكن هناك على الأقل منطقة ضعيفة من جدار البطن يؤدى شقها الى الحالة التى تسمى فى الانسان بالفتق الأربى . وهذه الظاهرة غير العادية لنزول الخصية يظهر انهـا نتيجة أن الحرارة الداخلية فى جسم الحيوان الثديى أعلى بكثير مما تتطلبه العملية الرقيقة لانتاج الحيوانات المنوية ، اذ أن الحرارة فى أكياس الصفن أقل من ذلك بدرجات عدة .

**قناة البيض ومشتقاتها فى الفقاريات الدنيا :** ( أشكال ٢٧٢ ، ٢٧٣ ، ٢٧٤ ) . فى دائريات الفم توضـع البويضـات والحيـوانات المنـوية داخل السيلوم ، وعليها أن تجد طريقها الى النهاية الخلفية لهذا التجويف حيث يوجد زوج من الثقوب يمكنها من المرور الى الخارج . وفى كل الفكيات تحمل الحيوانات المنوية خلال أنابيب مغلقة ولكن البويضات لا تزال فى معظم الأحيان تطلق داخل السيلوم . ومع كل فهى لا تطلق حرة داخـل هـذا التجويف لأنها ( فيما عدا النادر ) يتلقاها تركيب يشبه القمع يقع ملاصقا للمبيض ويؤدى الى قناة المبيض . وقد يتكون على طول قناة البيض متخصصة لاغراض مختلفة : خزن البيض قبل وضعه وتكوين القشرة أو الاحتفـاظ بالبيضة فى أثناء تكوينها الجنينى ؛ ومن ثم يتبع هذا ولادة الأحياء ، حـالة الحيوانات الولودة(١) .

وتوازى قناة البيض قناة الكلية القديمـة فى تكوينهـا الجنينى وفى صفيحيات الخياشيم والبرمائيات الذيلية تتكون قناة البيض من انقسام

---

(١) على عكس طريقة وضع البيض البدائية التى يوضع فيها البيض ويتم التكوين فى الخارج ، ويتميز البعض من الحيوانات الولودة المثالية بطريقة الحيوانات البيوضة حيث يكون التكوين فيها داخليا ولكن الصغار لا تستقبل اى غذاء من الأم .




شكل ٢٨٨ — امثلة مختلفة من الأجهزة البولية التناسلية فى الاسماك. المجموعة العليا ذكور ، اما المجموعة السفلى اناث . الاسيبنسر سمكة مشعّعة الزعانف بدائية واللبيدوزيرين هى السمكة الرئوية فى جنوب أمريكا . التراكيب السوداء تمثل الكلية الخلفية . الخصى منقطة . الأعضاء التى بها دوائر مبايض . المساريقا مخططة . الكلية الأولى الأثرية وقناة البيض الأثرية فى الذكر ( فى ب ) منقطة .

١ — قناة البيض أثرية . ٢ — المجمع . ٣ — قناة خاصة تصفى الكلية فى السلاخيات المتقدمة . ٤ — قمع قناة البيض مفتوح . ٥ — حملة تناسلية والثقب التناسلى فى الاسماك كاملة التعظم . ٦ — غدة فى المنطقة الأمامية لكلية النلاخيات تشبه البربخ . ٧ — قناة الكلية . ٨ — غدة القشرة . ٩ — قناة البيض . ١٠ — كيس البيض او الرحم فى

قناة الكلية القديمة الى قناتين . ومن المحتمل ان تكون القناة الانثوية ( مثل قناة المنى الذكرية المثالية ) قد انحدرت أصلا من الجهاز البولى — ولكن في معظم الفقاريات الأرضية وفي كثير من الأسماك تتكون قناة البيض بطريقة مستقلة من الانسجة الميزودرمية : ومن ثم لايظهر اى دليل على مثل هذه النشأة . وقناة البيض بسيطة فى تركيبها فى الأسماك الرئوية والبرمائيات — وهى أنواع يظهر أنها بدائية تماما فى عاداتها التناسلية . وقناة البيض بعد الفتحة المتسعة القريبة المسماة بالقمع قناة مهدبة صغيرة القطر ومستقيمة نسبيا فى غير أوقات النشاط . ولكنها تتمدد وتلتوى كثيرا فى فصل التزاوج. وقد تكبر نهايتها الخلفية حاصة ككيس لخزن البيض . وقد تفتح قناة البيض فى هذه الأنواع البدائية مستقلة فى المجمع ، أو قد تلتحم القناتان عند نهايتهما الخلفية .

وهناك وضع شاذ فى كثير من الأسماك كاملة التعظم قد يوضع من البيض ما لا يعد بالآلاف أو حتى بالملايين فى فترة التزاوج القصيرة . وتحت الظروف العادية قد يبدو أن هناك خطرا فى استقبال البيض عن طريق قمع مفتوح أو قد يكون من المحقق أن يختنق كل تجويف الجسم بالبيض . وقد حلت هذه المشكلة فى الاسماك كاملة التعظم بانه بجانب كل مبيض قد التحم جزء من السيلوم الذى يفرغ فيه البيض ومنه يصل الى الخارج عن طريق قمع ولا يشبه هذا القمع قناة البيض الحقيقية ( شكل ٢٨٨ هـ ، و ) .

فى الأسماك الشبيهة بالقرش تتكون بيضة لها قشرة وتتكون غدة القشرة ( غدة العش ) كجزء متسع فى طريق قناة البيض . ويوجد هنا نوعان من البطانة الغدية يفرز أحدهما مواد زلالية — بياض البيض — حول البيضة ، أما الآخر فهو فى الجزء السفلى من الغدة ويكون قشرة قرنية صلبة . التلقيح داخلى فى هذه الأسماك الغضروفية ويتحرك الحيوان المنوى الى

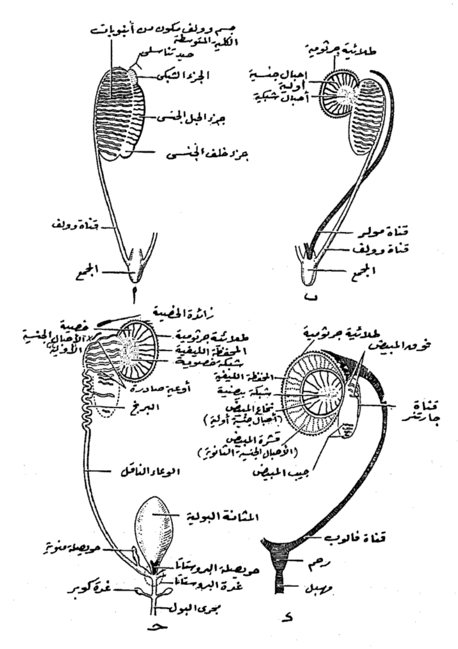
---

تابع شكل ٢٨٨ السلاخيات ١١ — الثقب البولى فى الأسماك كاملة التعظم . ١٢ — القناة المنوية فى الأسماك كاملة التعظم تمثل القناة الناقلة فى الرهليات . فى ذكور السلاخيات كما فى الرهليات تميل الخصى لأخذ قناة الكلية القديمة كقناة لنقل الحيوانات المنوية ( راجع شكل ٢٧٧ د ) . ولكن فى الأسماك الأخرى تستمر هذه القناة لتصفى الكلية ؛ وفى الأسماك كاملة التعظم تتكون قناة منوية ١٢ — منفصلة . الطرق الخاصة لنقل البيض توجد فى الأسماك كاملة التعظم ( عن بورتمان وجودريتش نقلا عن هور ) .

على ليلقح البيضة قبل أن تصل الى غدة القشرة . ومن المحتمل أن يكون التلقيح الداخلى قد تكون نتيجة للحاجة اليه فى الحيوانات التى تنتج بيضا له قشرة . ومع ذلك فمن السهل ابتداء من هذه الحالة تصدر الخطوة التالية نحو ولادة الأحياء والتى توجد فى كثير من القروش والقوابع ؛ فقد تبقى البيضة الملحقة داخل كيس البيض فى نهاية القناة حتى يتم التكوين ويولد الصغير حيا . وفى كثير من صفيحيات الخياشيم لا تزال تتكون طرق من نوع او آخر تقدم بها المواد الغذائية فى وسط بطانة كيس البيض كمشاركة لتغذية الصغير بطريقة تماثل وظيفيا مشيمة الثدييات .

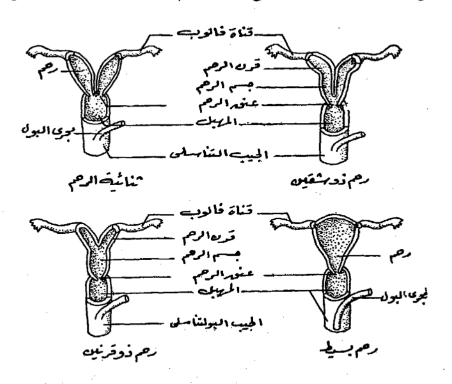
**قناة البيض فى الرهليات ـ الرحم ـ المهبل :** ( أشكال ٢٧٤ب ، ٢٧٥ب) فى الرهليات كما فى القروش كانت البيضة ذات القشرة سببا فى ظهور تخصصات فى قناة البيض . فى الزواحف والطيور الجزء الأكبر من طولها هو قناة البيض الحقيقية او انبوبة الرحم . وهى عضلية متسعة ولها القدرة على الاتساع اكثر فى موسم التكاثر فى الرهليات بعكس القروش . وتقع الغدة المكونة للقشرة بالقرب من الطرف البعيد للأنبوبة حيث يوجد كيس البيض فى الأنواع الدنيا وحيث تقع مكان الرحم فى الثدييات وتسمى غالبا بهذا الاسم . والطيور عامة تبيض ولكن هناك عظاءات « سحالى » مختلفةوثعابين تحمل صغارها وتوازى فى بعض الحالات صفيحيات الخياشيم والثدييات تكوين تراكيب يصل الغذاء عن طريقها من الأم الى الصغير . وفى الزواحف يفتح الرحمان منفصلين فى المجمع اما فى الطيور فان قناة البيض اليمنى وكذلك المبيض الأيمن غير موجودين . وفى وحيدة المسلك التى تضع بيضا له قشرة ( ولو انه صغير فى الحجم نسبيا ) تشبه الأعضاء الأنثوية اساسا مثيلاتها فى الزواحف .

وتتغير مع ذلك هذه الأعضاء تغيرا تاما فى الثدييات المثالية حيث البيض فيها صغير جدا ويؤدى التكوين الى ولادة أحياء . انبوبة الرحم تركيب رفيع . الرحم او « بيت الولد » لا يكون قشرة ولكنه ذو اهمية عظمى كمكان يتكون فيه الصغير . وهو تركيب سميك الجذر وتكون طلائيته الغنيةبالأوعية الدموية باتحادها مع الأغشية الخارجية للجنين « المشيمة » التى يقدم للصغير عن طريقها غذاء الأم . وفى اغلب الثدييات الأولية لا يزال الرحمان منفصلين وهى الحالة المزدوجة( شكل ٢٩٠ ) . وفى اغلبها مع ذلك يلتحم الطرفان البعيدان للاثنين ليعطيا الرحم ذو القرنين او ذو الشقين . أما فى الرئيسيات العليا فيوجد اتحاد تام لتكوين النوع المنفرد .




شكل ٢٨٩ ـ التكوين الجنينى للجهاز التناسلى فى الرهليات
أ ـ مرحلة مبكرة غير مميزة تظهر فيها الأحبال الجنسية مكونة الشبكة الخصوية . الكلية الوسطى وقناة الكلية القديمة ( جسم وولف وقناة وولف ) . ب ـ طور متأخر قليلا وقد ظهرت فيه قناة البيض الجنينية ( قناة مولر ) . جـ ـ الذكر البالغ ( قارن شكل ٢٨٢ ) . د ـ أنثى بالغة ( قارن شكل ٢٨٣ ) ( عن تيرنر ) .

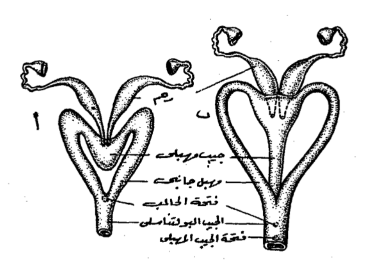
فى الزواحف والطيور الجزء الأقصى بعدا من قناة البيض بين الرحم والمجمع مُفيد وغير متكون . ومع ذلك تلتحم فى الثدييات الأجزاء الطرفية




شكل ٢٩٠ ــ أشكال توضيحية تبين التحام النهايات الخلفية لقنوات البيض ( قنوات فالوب ) فى الثدييات المشيمية . الرحم وجزء من المهبل مقطوعان رأسيا ( عن وولكر عن فيدرشيم ) .

للقناتين ليكونا المهبل ليدخل فيه عضو الذكر . ويفتح المهبل الى جيب بولى تناسلى يشتق من المجمع . وتبين الكيسيات تركيبا غريبا ( وشاذا بالتأكيد ) فيه المهبلان غير تامى الالتحام وقد يكون لهما تركيب زوجى جزئى أو حتى ثلاثى ــ ( شكل ٢٩١ ) .

**نقل الحيوانات المنوية : البربخ والقناة الناقلة :** لقد لاحظنا فى دائريات الفم أن الحيوانات المنوية توضع فى السيلوم ولابد أن تجد طريقها الى العالم الخارجى عن طريق ثقوب فى النهاية الخلفية للبطن . فى كل الفقاريات العليا استبعدت هذه الطريقة الغير قادرة على النقل وكون الذكر جهازا من القنوات القاذفة التى ــ على عكس قنوات الانثى ــ تكون مقفلة استعيرت من الجهاز البولى . فكلما تنمو الخصية تصبح ملاصقة للكلية



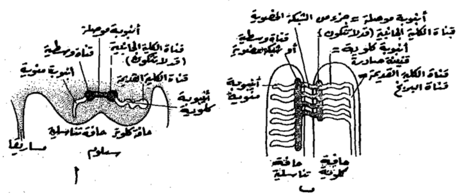

شكل ٢٩١ ـ الجهاز التناسلى الأنثوى فى الـكيسيات . أ ـ أبو سم ب ـ كانجرو . من جيب وسطى مهبلى يتكون فى الأبوسم مهبلين جانبيين يتحدان بعيدا فى الجيب البولى التناسلى . فى الكانجرو المرسوم هنا تتكون من الجيب المهبلى انبوبة مهبلية بسيطة ( عن فاندربروك ) .

على طول طريقها . ومن الواضح فى معظم المجموعات أن هـذه القنوات قد استعيرت من الجهاز البولى . . فكلما تنمو الخصية تصبح ملاصقة للكلية الجنينية ( شكل ٢٧٩ ) . وعلى مسافة قصيرة توجد أنيبـوبات ومنهـا تؤدى قناة الكلية القديمة الى العـالم الخارجى . وقد عبرت أسـلاف الفكيات هذه الفجوة القصيرة واتخذ الحيوان المنوى طريقا الى الخارج يمكن أن يسير فيه بأمان متجنبا السير على غير هدى داخل مجاهل السيلوم .

وبالرغم من وجود تنوع من نوع أو آخر فان الاتصال بين التراكيب المنوية للخصى وقناة الكلية القديمة يتبع نظاما متشابهـا أساسا فى معظم الفقاريات ( شكل ٢٩٢ ) . وقد تتصل الأمبـولات الناضجة أو الأنيبوبات المنوية بعضها ببعض بواسطة قناة مركزية فى الخصية أو بشبكة من القنوات الصغيرة هى الشبكة الخصوية . ويمتد من هذه الشبكة عدد من الأنيبوبات المتوازية التى تمتد بالعرض الى حافة الكلية ويوجد هنا اتصال طولى ثان أو ( كما فى الثدييات ) قد تمتد الأنيبوبات الموصلة مباشرة الى مجموعة من الأنيبوبات الكلوية السابقة والتى تسمى القنوات الصادرة .

وتتميز هذه الأنيبوبات داخل قناة الكلية القديمة والتى صممت أصلا لنقل البول . وكما لاحظنا فى الجزء المتقدم من هذا الفصل ان قناة أنبوبية مزدوجة الوظيفة لنقل البول والحيوانات المنوية لا تكون أبدا ذات كفاءة من الجهة الوظيفية . وكان هناك فى طول تاريخ الفقاريات صراع بين الجهازين البولى والتناسلى لاستعمال قناة الكلى القديمة . وكما رأينا يميل الجهاز البولى للكسب بين الأسماك العظمية ، وهناك تكونت قناة جديدة لنقل الحيوانات المنوية . ومع ذلك ففى أغلب الفقاريات كان النصر للجهاز التناسلى فأصبحت قناة الكلى القديمة قناة ناقلة تستخدم لنقل الحيوانات المنوية فقط .

وتتصل الخصى عادة بالطرف الأمامى لتركيب الكلية ، وكما رأينا من قبل فى هذا الفصل تميل الوظائف البولية للتركيز فى الخلف بنجاح . أما الجزء الأمامى لجهاز الكلية القديمة فقد يصبح ــ وخاصة فى الثدييات ــ منطقة تسمى بالبربخ . وحتى فى القروش ( شكل ٢٧١ ب ) قد يصبح الطرف الأمامى لقناة الكلية كثير الالتواء مثل قناة البربخ . وخلف المنطقة الحقيقية لاتصال الخصية مع القناة يوجد جزء من الكلية




شكل ٢٩٢ ــ قطاع عرضى فى جنين رهلى يبين تجاور الخصية والكلية المسافة بين أنيبوبات المنى وانيبوبات الكلية . ب ــ شكل بطنى توضيحى لقطاع فى الحيدين الكلوى والتناسلى مبينا طريقة الاتصال مع قناة خصوية وسطى عادة أو شبكة خصوية بين أنيبوبات المنى مع انيبوبات موصلة وغالبا مع الكلية الجانبية .

الأصلية متحورا الى غدد تفرز سائلا يظن أنه ينشط الحيوان المنوى . وفى الثدييات ( أشكال ٢٨٢ ، ٢٨٩ جـ ٢٩٢ ب ) وفى الرهليات عامة يصبح البربخ الذى يحتوى على القنيات الصادرة والقناة الملتوية جسما مندمجا يقع ملاصقا بجانب الخصية أو فوقها كمايدل الأسم .

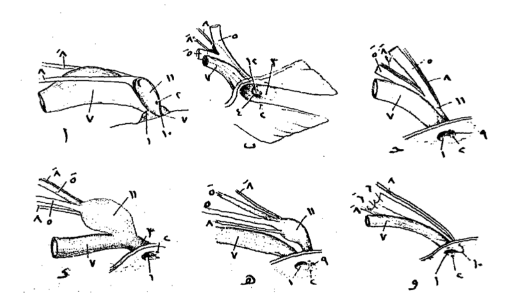
وقد تتسع القناة الناقلة عند نهايتها لتكون أمبولة لخزن الحيوانات المنوية فى كثير من المجموعات ، وتوجد فى الثـــديات ( شـكلى ٢٨٢ ب ، ٢٨٩ جـ ) أكثر من ذلك غدد أخرى ومنها البروستاتا والحـــويصلة المنوية التى تفرز مواد تكون كثيرا من السائل المنوى .

## المجمع ومشتقاته

يوجد فى أنواع كثيرة من الفقاريات عند النهاية الخلفية لمنطقة الجذع جيب بطنى يفتح للخارج وتوجد به فتحات الأجهزة الهضمية والتناسليـــة والبولية . وهذا التركيب الذى يلائمه اسم المجمع ( وهو الاســم اللاتينى لمجمع مصارف المياه ) ، ويظهر أن المجمع هذا من صفات الفقاريات البدائية . وفى هذا الفصل ومن خلال المجموعات الفقارية سوف نتتبع تاريخ منطقة المجمع ونظام المخارج المختلفة للاجهزة المعنية .

**المجمع فى الأسماك ورباعيات القدم :** من الناحية الجنينية ينشـــأ المجمـــع من ثنيتـــين ( راجع شــــكل ٢٠٦ أ ) . ويكون جزؤه الأكبر من تمدد النهاية الخلفية لأنبوبة المعى التى تغلق عن الخـــارج بغشاء فى اثنـــاء النمـــو المتزايد . ويقع خارج هـــذا الغشاء منخفض من الأكتـــودرم هـــو المسلك الشرجي . وعندما يختفى هذا الغشاء تتحد هــــذه المنطقـــة من الأكتودرم مع المجمع ويظهر أنها تكون مع ذلك جزءا صغيرا منه .

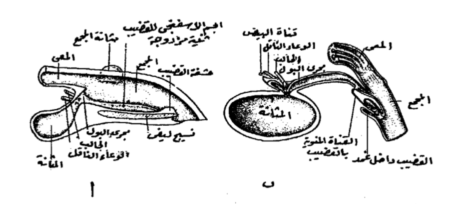
ومن بين الأسماك يتكون المجمع مثاليا فى صفيحية الخياشيم ( شكل ٢٥٣ ب ) . والفتحة الكبرى التى تفتح فيـــه هى فتحة النهاية الخلفيـــة للأمعاء ثم بعد ذلك تفتح القنوات البولية والقنوات المنوية للذكر أو قناتى البيض فى الأنثى . وكذلك فان المجمع تام التكوين فى الأسماك الرئوية (شكل ٢٩٣ د ) ، وكذلك فى النوع الوحيد الباقى من فصية الزعانف . وفى كل الأسماك الأخرى أما ان يكون المجمع ضامرا أو مختفيا . فى الجريثات يوجد جيب ضحل يمثل مجمعا مختصرا ، ولكن فتحة البول فى الجلكيات منفصلة . وفى الأسماك مشععة الزعانف الدنيـــا وبعض الأسماك كاملة التعظم تفـــرغ انابيب البول والتناسل فى جيب مشترك يمثل جزءا من المجمع ولكن فتحة الشرج مستقلة . وفى اغلب الأسماك كاملة التعظم كل الأجهزة الثلاثة لهـــا فتحات منفصلة ، وكذلك نفس الشىء بالنسبة للكيميرا .



شكل ٢٩٣ — المجمع ومنطقة الشرج فى الأسماك . أ — الجلكى « بتروميزون » ب — لأنثى القرش . جـ — أنثى الكيميرا الصغيرة . د — السمكة الرئوية الاسترالية « أبيسيراتوداس » . هـ — أنثى الأستيرجون . و — أنثى السالمون . ١ — الشرج . ٢ — ثقوب بطنية . ٣ — المجمع . ٤ — فتحة تناسلية ٥ ، ٥ — قناة البيض اليسرى واليمنى للأسماك كاملة التعظم . ٧ — منطقة المستقيم فى الأمعاء . ٨ ، ٨ — قناتى البول اليسرى واليمنى . ٩ — فتحة بولية تناسلية . ١٠ — حلمة بولية تناسلية ١١ — جيب بولى تناسلى . ١٢ — حلمة بولية ( عن دين ) .

ويظهر ان المجمع البدائى كانْ يوجد مع ذلك فى اسلاف رباعيات القدم لانه موجود فى كل البرمائيات والزواحف والطيور وتصب فيه منتجات كل هذه الأجهزة الثلاثة ( أشكال ٢٧٣ ، ٢٧٤ ، ٢٧٥ ، ٢٩٤ أ ) . وقد لاحظنا فى الجهة البطنية للمجمع أنه تتكون فى كثير من الزواحف مثانة بولية كبيرة قابلة للتمدد وهذه مع ذلك عموما ليس لها اتصال مباشر مع الحوالب .

**مصير المجمع فى الثدييات** : من بين الثدييات لا يزال لوحيدة المخرج البدائية ( كما يدل الاسم ) مجمع ، ولكن الأنواع الأرقى قد استغنت عن هذا التركيب واصبحت لها فتحة شرجية منفصلة عن المخارج البولية والتناسلية ، وتظهر بداية هذا الانقسام فى مجمع وحيدة المخرج ( شكل ٢٩٤ ب ) . وهو




شكل ٢٩٤ ــ قطاع فى منطقة المجمع فى ٢ أ ــ ذكر السلحفاة . ب ــ ثديى وحيد المسلك ( اكيدنا ) . فى أ ــ تركيب يشبه القضيب يوجد فى ارضية المجمع . زوج من الثنيات قد تتقابلان لتكونا أنبوبة عند قــذف الحيوانات المنوية . فى وحيدة المسلك قضيب متكون موجود داخل المجمع. ويتكون من قناة مقسمة الى عدد من الأفرع لنقل الحيوانات المنوية ولــكن البول يمر عن طريق المجمع . فى اغلب الزواحف يفتح الحالب فى الجهــة الظهرية للمجمع فى منطقة بعيدة عن المثانة . ووضع الحالب فى السلاحف يقترب جداً من الوضع فى الثدييات وذلك فى الازاحة البطنية لهذه الفتحة . الأنبــوبة المســماة مجرى البول فى الشــكلين تســاوى التركيب فى انثى الثدييات العليــا ولــكنها هنا انقسام بطنى قريب من المجمــع . أما التخصص فى الترسة فهو وجود زوج من التراكيب العديدة الشبيهة بالمثانة فى الجدر الجانبية للمجمع . (أ ــ عن موين د ب ــ عن كيبل ) .

يكون وحدة واحدة فى معظم امتداده ، ولكن الجزء القريب منه ينقسم الى :

( ١ ) منطقة مستقيمية أو المعى البرازى يوصل الأمعاء بالخارج .

( ٢ ) معى بولى وهو بطنى اكثر وتمر منه المنتجات البولية والتناسلية. ويوجد فى الكيسيات كيس ضحل يمثل الأثر الأخير للمجمع .

أما فى الثدييات المشيمية فقد اختفى هذا التركيب القديم واصبح المعى البرازى ببساطة هو الجزء النهائى للمعى يفتح فى الشرج . وللمعى البولى مع ذلك تاريخ أكثر تعقيدا ويختلف كثيرا فى كلا الجنسين .

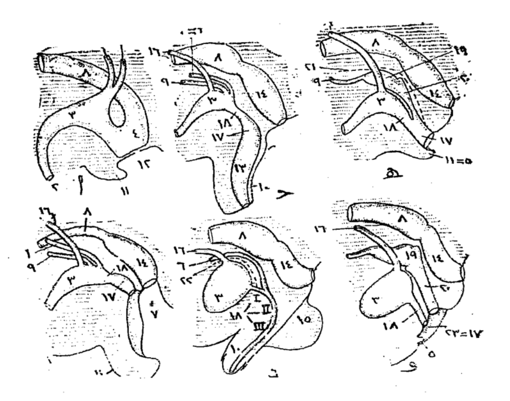
ونفهم الحالات هنا تماما عندما نأخذ فى الاعتبار التاريخ التكوينى الذى يعيد الى درجة كبيرة تاريخ الجنس ( شكل ٢٩٥ ) . فى حيوان ثديى مشيمى يوجد مجمع فى مرحلة مبكرة يتكون باتساع فى أقصى الأمعاء ومنفصل بغشاء عن منخفض المسلك الشرجى . وتفتح قنوات الكلى القديمةوقنوات البيض فى جزء بطنى من المجمع الذى يمتـــد الى الخارج حتى الألنتويس والذى منه ستتكون المثانة وسرعان ما يتكون الحالبان ويفتحان هنا أيضا .

وبينما لا يزال الجنين فىالحالة الجنسية غير المتميزة يتكون فاصـــل يمتد الى الخارج فى اتجاه الغشاء المغلق . ويقسم هذاالفاصل المجمع الى غرفتين : معى برازى يتصـــل بالمعى من أعلى ؛ ومعى بولى أو جيب بولى تناسلى من أسفل . وفى هذه الأثناء تبدأ المثانة فى التمدد ويبقى الحالبان على اتصال بها . وتوجد بين المثانة والجيب البولى التناسلى أنبوبة قصيرة ورفيعة نسبيا وهى التى ستكون جزءا من أو كل مجرى البـول فى الحيوان اليافع . وتنتهى قنوات المنى وكذلك قنوات البيض عند نقطة حيث تفتح هذه الأنبوبة فى الجيب ( شكل ٢٩٥ ب ) .

وبعد هــذه المرحلة تتشعب الأحـوال فى كلا الجنســين . فى الأنثى ( شكل ٢٩٥ هـ ، و ) يصبح الجيب البولى التناسلى دهليز الجهازين البولى والتناسلى ؛ وقد يحتفظ هذا ببعض العمق ( كما فى اللواحم ) أو بمنخفض ضحل نسبيا ( كما فى الرئيسيات ) . ويفتح فى الدهليز الطرفان البعيـدان الملتحمان لقناتى البيض كمهبل ( وبالطبع تتلاشى قنوات المنى ) كما تفتح فى الدهليز أيضا قناة مجرى البول القصيرة من المثانة .

وللجيب فى الذكر تاريخ مختلف اذ أنه يصبح أنبوبة طويلة تستمر داخل القضيب . وفى طرفه القريب تفتح قنوات المنى ( وتتلاشى قنـوات البيض ) والأنبوبة الآتية من المثانة . وفى الأنثى تكون هذه الأنبوبة القصيرة القريبة كل مجرى البول ولكن فى الذكر يطلق اسم مجرى البول على كـل امتداد هذه الأنبوبة من المثانة حتى نهاية القضيب . وعلى هذا فمجـرى البول فى كل من الذكر والأنثى لا يقارن كل منهما بالآخر ، لان مجرى البول فى الذكر يشمل ما يشبه مجرى البول والدهليز فى الأنثى .

**الأعضاء التناسلية الخارجية :** التلقيح الخارجى هو القاعدة العـامة فى الفقاريات المائية الأولية والتى ليس لبيضها قشرة . ولـكن الحيوانات التى لبيضها قشرة ، أو التى تلد ، بما فى ذلك الأسماك الغضروفية ، وقليل



شكل ٢٩٥ ــ التكوين الجنيني لمنطقة المجمع فى الثدييات . أشكال جانبية توضيحية . أ ــ الطور غير المتميز جنسيا . الأمعاء والالنتويس يفتحان فى المجمع غير المقسم . قناة الكلية القديمة والحالب يفتحان معا فى قاعدة الألنتويس . ب ــ طور أكبر غير متميز . قناتا البيض الجنينية متكونان . الحالب وقناة الكلية القديمة منفصلان . المجمع منقسم الى مستقيم وجيب بولى تناسلى . ابتدأ عضو التذكير فى التكوين . جـ ــ طور مبكر فى تكوين الذكر . د ــ تركيب الذكر البالغ . وعلى عكس الأنثى تختفى قناة البيض ( الخط المتقطع فى د ) . تصبح قناة الكلية القديمة القناة الناقلة . ويشمل مجرى البول المتسع بالاضافة على قاعدة الألنتويس و الجيب البولى التناسلى و قناة تخترق القضيب . هـ ــ طور مبكر فى تكوين الأنثى . و ــ تركيب الأنثى البالغة . اختفت قناة الكلية القديمة ( الخط المتقطع فى هـ ) . تتكون المثانة من قاعدة الألنتويس مع مجرى بولى قصير بعيدا عنها . تخصص الرحم والمهبل من قناة البيض الجنينية . تكوين عضو التذكير كبظر .

١ ــ قناة الكلية القديمة . ٢ ــ ساق الألنتويس ٣ ــ المثانة . ٤ ــ المجمع . ٥ ــ البظر ٦ ــ قناة ناقلة . ٧ ــ ثنية تناسلية . ٨ ــ الأمعاء ٩ ــ قناة البيض . ١٠ ــ قضيب . ١١ ــ عضو تذكير ١٢ ــ مسلك شرجى . ١٣ ــ مجرى البول فى القضيب . ١٤ ــ

من الأسماك كاملة التعظم ، وكل الرهليات ، يكـون التلقيـح الداخلى من الضروريات ، وتتكون تراكيب ذكرية خاصة لتسهل دخول الحيوانات المنوية فى القنوات التناسلية الأنثوية . فى القروش والقوابع والكيميرا تتخذ هذه التراكيب شكل المساكات التى تمتدمن الزعانف الصدرية (١) ( شكل ١٣٠ج) وتولج هـــذه داخـــل مجمـــع الأنثى وتنثنى ثنيات من الجـــلد على شكل انابيب بطول المساكات لتكون ممرا للحيوانات المنوية . وفى عدد من الأسماك كاملة التعظم التى تضع أحياء يوجد شىء وسطى يشبه المساكات يتكون من الزعنفة الشرجية .

وفى أسلاف الرهليات كان يبدو أن الاتصال المباشر بين مجمعى الأنثى والذكر كافيا لنقل الحيوانات المنوية ، لأن الأسفينودن ليس له أعضاء تلقيح، كما هى الحال فى معظم الطيور . وفى كثير من الزواحف مع ذلك للذكر نوع ما من عضو اضافى ، القضيب ، يساعـد فى نقل الحيوانات المنـوية . ويكون نصف القضيب فى الثعابين والعظاءات « الســحالى » زوجا من الجيــوب المجمعة التى تحتوى غالبا على نتوءات تشبه الأشـــواك وفى وقت التزاوج تنقلب هذه الى الخارج وتدفع فى مجمع الأنثى .

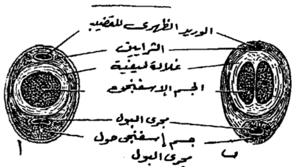
وتوجد فى الترسة والتماسيح تراكيب قد تشبه التـركيب السابق لقضيب الثدييات ( شكل ٢٩٤ أ ) . ويقع فى الحائط البطنى للمجمع زوج من الحيود الطولية بينهـا ميزاب وهمـا الجسمـين المتـكهفين للقضيب ويتكونان من نسيج اسفنجى ( كما يدل الاسم ) كما يوجد تركيب اسفنجى آخر هو حشفة القضيب التى تقع فى النهاية الخارجية للميزاب . وعنـد الاثارة تمتلىء هذه التراكيب بالدم وتولج الحشفة فى مجمع الأنثى. أما الميزاب الموجود بين الجسمين المتكهفين فيقفل على انبوبة تحمل الحيوانات المنوية ـ وفى الأنثى يوجد تركيب مماثل ولكنه أصغر وهذا هو البظر .

---

تابع شكل ٢٩٥ : المستقيم . ١٥ ـ الصفن . ١٦ ـ الحالب . ١٧ ـ الجيب البولى التناسلى . ١٨ ـ مجرى البول ١٩ ـ الرحم . ١٠ ـ المهبل . ٢١ ـ اثار قناة الكلية القديمة . ٢٢ ـ اثار قناة البيض . ١٣ ـ دهليز .

(١) هكذا ذكر المؤلف وصحتها الزعانف الحوضية . المترجم

وتوجد فى وحيدة المسلك تراكيب مشابهة الى حد ما ، أما بظر أنثى الثدييات فيكون فى الغالب غير متكون نسبيا . فى الثدييات العليا مع ذلك يصبح القضيب عضوا خارجيا قائما بذاته وتبقى الحشفة والجسم المتكهف، أما الميزاب الموجود بين التراكيب الأخيرة فقد يقفل ليصبح الجزء البعيد لمجرى البول ويحاط بجسم متكهف اضافى هو الجسم المتكهف لمجرى البول شكل ٢٩٦ .




شكل ٢٩٦ ــ قطاعان فى قضيب القرد روسس .
ا ــ الجزء القريب ، ب ــ الجزء البعيد . ( عن فيسلوكى ) .



## الفصل الرابع عشر

# الجهاز الدوري

ليست هناك حاجة الى جهاز دورى فى كثير من اللافقاريات الصغيرة ؛ اذ أن المسافات قصيرة ، وقد يتم الحمل الداخلى للمواد بالانتشار ، كما أن اندفاع السوائل هذا قد يكون نتيجة لحركات الجسم . وعندما يكبر حجم الحيوان وتزداد الأمور تعقيدا عندئذ يحتاج الأمر الى وجود أعضاء خاصة . ومقارنة ذلك بالمجتمع الانسانى قياس صحيح ، ففى قرية ما عندما تكون المخازن والمدرسة والكنيسة كلها قريبة من المساكن التى تخدمها يصبح من غير الضرورى وجود جهاز للمواصلات . ولكن عندما تكبر الجماعة لا تلبث هذه الحالة أن تتغير ويصبح تنظيم أجهزة للنقل عندئذ من الضروريات .

وأبسط أنواع الجهاز الدورى هو الذى يشاهد بين اللافقاريات ؛ وهو ذلك الجهاز المفتوح الذى يكون القلب فيه مضخة تدفع الدم داخل مجموعة من الأوعية — الشرايين — الى أجزاء الجسم المختلفة . وعند النقط التى تنتهى فيها هذه الأوعية ينطلق الدم فى المسافات بين الأنسجة حيث يعود ثانية من نفسه الى القلب . ويشاهد فى السهيم تقدم أكثر اذ توجد أوعية — أوردة — تعود بالدم الى القلب . ومع ذلك لا يزال الدم فى دورته على اتصال مباشر بخلايا الجسم التى يخدمها . وقد تم فى الفقاريات تكوين جهاز مقفل تماما يسير الدم فيه بين الأوردة والشرايين فى أوعية دقيقة هى الشعيرات . ولا يكون الدم أبدا على اتصال مباشر بالأنسجة . وللفقاريات العليا بالاضافة الى هذا مجموعة من الأوعية هى الأوعية الليمفاوية والتى تعود بالدم من الأنسجة الى القلب .

**الوظائف :** فى مقدمة وظائف الدم حمل المواد من الخلايا واليها ( عن طريق السائل بين الخلوى ) . فالأكسيجين لا بد وأن يحمل باستمرار من الخياشيم او الجلد أو الرئات ، وكذلك يحمل الدم تيارا صغيرا ولكنه منتظم من المواد الغذائية — وعلى الأخص الجلوكوز والدهون والأحماض الأمينية — التى تأتى من الأمعاء أو من مراكز التخزين ، أو التصنيع وعلى الأخص الكبد . وعلى العكس من ذلك لا بد وأن يتخلص الجسم من النفايات ؛ فالتخلص من ثانى أكسيد الكربون من اختصاص الخياشيم أو الرئات . اما الكليتان فتقوم بالتخلص من البقايا الأزوتية والماء الزائد فى عمليات الأيض .

وقد لاحظنا أن الابقاء على جو داخلى ثابت ومحـدد بدقة ضرورى لمصلحة الخلايا والأنسجة . وسريان السائل المستمر داخل الجسم فى الدم يعمل على تناسق تركيب السوائل البينية لكل منطقة ، كما أنه يساعد على الابقاء على درجة حرارة منتظمة نسبيا ومن بين الفوائد الأخرى للجهـاز الدورى هى المساعدة فى الكفاح ضد الأمراض ، وفى اصلاح الاضرار ، وكذلك عن طريق سريان الهرمونات يعمل تيار الدم كجهاز عصبى اضافى .

## الـدم

الدم الذى يملأ الأوعية فى الجهاز الدورى يمكن أن يعتبر كنسيج ، وينشأ الدم كما ينشأ النسيج الضام والنسيج الهيكلى من الميزنكيم . وكل واحد من هذه الأنسجة الثلاث يتكون من خلايا تقع داخل المادة الخلاليـة وفى العظم والغضروف تكون المادة الخلالية مادة صلبة ، اما فى النسـيج الضـام فهو مادة جيلاتينيـة القوام ، ولكن المادة الخلاليـة فى الدم سائلة تسبح فيها الخلايا الدموية بحرية مطلقة .

**بلازما الدم** : المادة الخلالية السائلة فى الـدم ، أو البـلازما(١) ، هى سائل مائى معقد التركيب . وقد وصفنا مقدما تركيب السوائل البينية التى تحيط بخلايا الجسم وخاصة ما تحتويه فى محلولاتها من مجموعات الأملاح المعقدة الثابتة . والدم أصلا جزء من عصارة هذا النسيج تضمه جدر الأوعية الدموية ويحتوى على نفس هذه الأملاح . وبالاضافة الى هذا فان الدم يحتوى على مواد خاصة به على شكل بروتينات الدم الخاصة ـ زلال وجلوبيولين ـ فيبرونجين صنعتهما ـ كما يعتقد ـ خلايا الكبد . وهذه الجزئيات كبيرة لدرجة أنها لا تستطيع أن تمر من خلال جدر الشعيرات حيث تترك تيـار الدم . ووجود بروتين الدم يرفع الضغط الأسموزى له ويجعله أعلى مما هو عليه فى السوائل البينية ـ وهذه منطقة هامة فى وظيفة الشعيرات . وعـلاوة على ذلك تلعب الجلوبيولينات المختلفة ادوارا نشطة مختلفـة ، وخاصـة كأجسام مضادة تقف ضد غزو الفيروسات ، كما أن الفيبرونجين هو المادة التى تسبب تجلط الدم عندما يقطع احد الأوعية .

---

(١) كلمة مصل Serum تطلق على السائل الذى يبقى بعد أن تتكون الجلطة البروتينية ( فيبرين ) وتزال من البلازما المتجلطة .

وكما تحتوى البلازما على هذه المكونات الثابتة والدائمة يحتوى الدم على مواد عابرة — مواد غذائية ، وخاصة الجلوكوز وهو فى طريقه الى الخلايا ، وبقايا أزوتية ( وخاصة اليوريا وحمض اليوريك ) . وثانى اكسيد الكربون ، وكميات قليلة من الهرمونات .

**الخلايا الدموية :** ( شكل ٢٩٧ ) . لا توجد المكونات الخلوية للدم فى السهيم ولكنها غالبا ما توجد بلا اختلاف فى الفقاريات . وهى تتكون طبيعيا من :

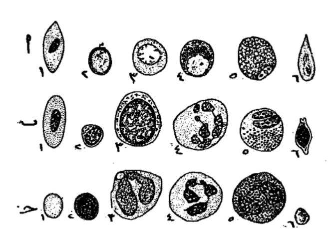
١ — الكريات الدموية الحمراء أو الخلايا الحمر

٢ — الكريات الدموية البيضاء أو الخلايا البيض

٣ — خلايا التخثر أو التجلط

واذا أخذنا فى الاعتبار النسبة المئوية للوظائف المختلفة نجد أن نقل الأكسيجين هو أهم وظائف الجهاز الدورى . ومما يساعد كثيرا فى هذا المجال المركبات المعدنية وخاصة الحديد والنحاس التى توجد فى كثير من الحيوانات فى الشعب المختلفة اما حرة فى تيار الدم أو داخل الكريات الدموية . وحامل الأكسيجين فى الفقاريات هو مركب الحديد الهيموجلوبين والذى يتركز فى الكريات الدموية الحمراء أو الخلايا الحمر . وفى أغلب الفقاريات تكون هذه الخلايا الحمر تراكيب بيضاوية مفلطحة ، وهى خلايا حقيقية بها نوى . ومع ذلك ففى الثدييات تطرح الخلايا الحمر نواها ، وعلاوة على ذلك ففى كل الثدييات تقريبا ( الجمال واللاما شواذ ) الكريات مستديرة أكثر مما تكون بيضاوية . ويختلف حجم الكريات الحمراء كثيرا فكريات الثدييات يبلغ قطرها ميكرونات قليلة ، وقد يصل حجمها فى بعض البرمائيات الى مائة ضعف أو أكثر من حجم الكرية المثالية فى الثدييات .

والكريات البيضاء أو خلايا الدم البيض أقل فى العدد كثيرا من الكريات الحمراء ، وهى تكون فقط حوالى ١٪ من الخلايا النووية فى الرهليات المثالية ؛ ولكنها قد ترتفع الى ١٠٪ فى بعض الأسماك . ومن الممكن تمييز مجموعتين أساسيتين من الخلايا البيضاء — نوع ليمفى بنواة بسيطة وسيتوبلازم رائق ونوع آخر هو الكريات المحببة بها المواد النووية مرتبة من غير نظام ومقسمة غالبا ، كما أن السيتوبلازم محبب . ومن الكريات البيضاء الليمفية الخلايا الليمفية الشائعة وهى خلايا صغيرة ونواتها كبيرة وسيتوبلازمها قليل ، وهى تشتق اسمها من انها توجد فى الثدييات فى العقد الليمفية ،



شكل ٢٩٧ ــ خلايا الدم . أ ــ سمكة كاملة التعظم ( لابراكس ).
ب ــ ضفدعة ( رانا ) . جـ ــ ثدييان ( الانسان ) . أ ١ ، ب ١ ، جـ ١ الكريات الحمر أ ٢ ، ب ٢ ، جـ ٢ ــ الكريات الليمفية الليمفوسيتات . أ ٣ ، ب ٤ ، جـ ٤ كريات محببة متعادلة . أ ٤ ــ كريات محببة محبات للحمض ( اسيدوفيلات دقيقة الحبيبات ) . أ ٥ ــ كريات محببة محبة للحمض كبيرة الحبيبات. أ ٦ ، ب ٦ ــ خلايا التخثر ( ثرمبوسيتس ) . ب ٥ ، جـ ٥ ــ خلايا محببة محبات للحمض . جـ ٦ ــ صفيحات الدم . أ ــ مكبر حوالى ١٨٠٠ مرة ب، جـ مكبرة حوالى ١٢٠٠ مرة .
( أ عن دوثرى ، ب عن جوردان و جـ عن ماكسيمو وبلوم ) .

ولكنها منتشرة بالتساوى فى المجموعات الدنيئة حيث العقد غير موجود . ويطلق على الخلايا الاكبر ذات السيتوبلازم الرائق والواضح والأكثر اسم وحيدة النواة او المونوسيتات .

الكريات المحببة ، او الخلايا البيضاء المشكلة النواة خلايا كبيرة بنواة غير منتظمة ، او قد تتكون من فصوص وسيتوبلازم كثير محبب الى درجة كبيرة . وهى من النوع الذى تصبغ فيه الحبيبات بالاصباغ الحمضية بسهولة ، ولهذا تسمى بمحبات الحمض او محبات الاوسين . اما الخلايا الأخرى التى تصبغ بالأصباغ القاعدية أو تستجيب جزئيا لنوعى الاصباغ تسمى على التوالى خلايا مستقمدة ، او كريات متعادلة ، او المحايدات . والمحايدات فى مظاهر مختلفة هى اعظم الخلايا المحببة كثرة فى كل الفقاريات ( ماعدا الزواحف ) . اما محبات الحمض فهى منتشرة

بين مجموعات الفقاريات ، ولكنها نادرة فى الفرد الواحد . اما الخلايا المستقعدة فهى لا تزال اقل فى اعدادها ، وهى نادرا ما توجد فى الاسماك . وبالرغم من الدراسات الكثيرة فان وظيفة خلايا الدم البيض غير معروفة تماما . ولكنها تتجمع بسرعة فى الانسجة المصابة او التى قد اصابها ضرر حيث يظهر بعضها كخلايا بلعمية او خلايا اكالة ، وقد يساعد بعضها فى الاصلاح بتحوله الى عناصر النسيج الضام .

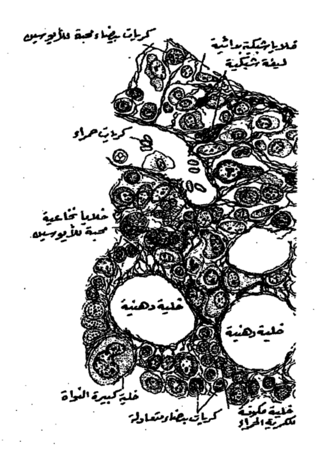
خلايا التخثر او الخلايا المغزلية هى عناصر الدم التى تشارك فى تخثر الدم وفى اغلب طوائف الفقاريات تأخذ شكل خلايا مغزلية مدببة صغيرة بيضاوية . ويوجد بدلا منها فى الثدييات صفائح دموية صغيرة جدا ليست لها نواة . وتكسير الخلايا المغزلية يطلق مادة تعمل فى التفاعلات الكيموية الضرورية لتكوين الياف الفيبرين التى تكون جلطة الدم .

## الانسجة المكونة للدم

فى انسجة الجسم الأخرى يحدث تخصص للخلايا عادة فى الأطوار الجنينية مرة واحدة فقط ، ثم بعد ذلك يحدث فى المكان الذى توجد به الخلايا الناضجة ، ولكن هذا لا يحدث مع الدم . وتقاس حياة خلايا الدم بالاسابيع والايام ، وتتجدد هذه الخلايا على الدوام . وليست الكريات الدموية ثابتة فى مكانها . فمتى نضجت اصبحت حرة تسير الى اى جزء من الجسم غير حاملة معها اى دليل على كيفية او مكان تكوينها . وعلى هذا كانت دراسة تكوين وعلاقة الخلايا الدموية مسألة صعبة الفهم وهناك كثير من المسائل التى لم تحل بعد .

ولا ينشأ اى جزء من الجهاز الدورى من الصفائح الطلائية التى تتكون فى الجنين المبكر . وينشأ هذا الجهاز اجمالا مثل النسيج الضام من الخلايا الميزنكيمية . وقد يظهر من هذه القرابة الجنينية حقيقة انه توجد فى كثير من الحالات خلايا من النوعين يمكن ان تتحول الى النوع الآخر .

وقد توجد الانسجة المكونة للدم فى عدد من المناطق فى الجسم ، وتختلف هذه كثيرا من نوع الى آخر ، وكذلك من المواقع الجنينية الى مواقع اخرى فى الحيوان اليافع . ولهذه المواقع على العموم مظاهر تركيبية عامة ( شكل ٢٩٨ ) . فكلها تجويفات هى عبارة عن اتساعات فى الأوعية الدموية او

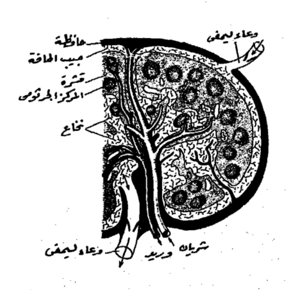



شكل ٢٩٨ – النسيج المكون للدم . نخاع العظم من فخذ الثدييات يظهر كثير من النسيج الشبكى وخليتين شبكيتين كما يرى أيضا نوعان من الخلايا البيضاء المحببة فى طور التكوين وكذلك الخلايا للكريات الحمراء والتى منها ستتكون الخلايا الحمر . والخلايا كبيرة النواة وهى خلايا من النوع الكبير الذى يعتقد أن الصفائح الدموية قد تتكون منها .

( عن ماكسيمو وبلوم )

تقع بجوار مثل هذه الاوعية ؛ ويتكون هيكل هــذا النسيج من شبكة من الالياف . وبين ثنايا هــذه الشباك توجد كتل من الخلايا الدموية فى مرحلة التكاثر أو التخصص . ويظهــر أن أبسط واقل انواع الخلايا تخصصــا والموجودة فى مثــل هــذه الأنسجة هى الخلايا المكونة لخــلايا الدم وهى النوع الأساسى للخلية الدموية البدائية والتى ستتكون منها أما الكريات البيض واما الكريات الحمر .

**مناطق تكوين الدم :** أول الأوعية الدموية التى تتكون فى الجنين هى التى تقوم بنقل المواد الغذائيـــة ، اما الخلايا الدموية الأولى فهى الخلايا الدموية الحمراء التى تتكون متصلة بهذه الأوعية . وكنتيجة لهذا تتكون هذه الخلايا الأولى من الميزنكيم الموجود فى ارضية البطن الممتلئة بالمح ، وذلك فى الحيـــوانات التى لهـــا بيض متـوسط المح . أما فى البيض ذى المح الـكثير فانهـــا تتـــكون من مجمـــوعات من الخـــلايا المتشابهـــة على

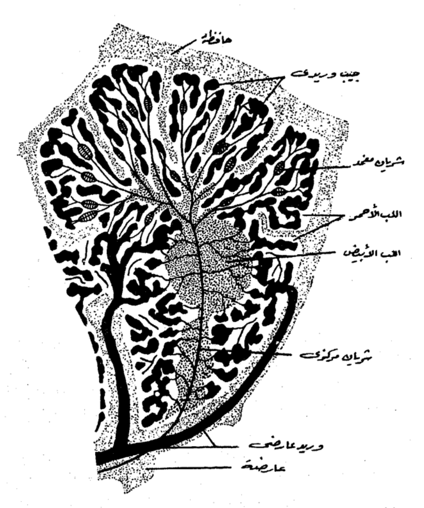



شكل ٢٩٩ ــ شكل توضيحى لتركيب العقيـــدة الليمفيـــة . وهى بالاضافة الى الأوعية الليمفية مزودة بشريان ووريد صغيرين . ( عن بورتمان)

ســـطح كيس المح مكونة مايســـمى بالجزر الدموية ( شـــكل ٢٤٨ أ ) وفى حالة متأخرة ، نوعا ما تنشأ الأوعية الدموية من مناطق مختلفـــة من الميزنكيم أو من جذر الأوعيـــة الدموية . والمناطق المفضلة فى الجنين تشمل الكلية والكبد والطحال وانسجة الزور وخاصة الغدة التيموسية .

وحتى فى الحيوان اليافع قد يحتوى الكثير من الأعضاء المختلفة على مراكز تكوين الدم فى مجموعـــة أخرى . فى الجلكيـــات ، وفى كثير مـــن الأسماك كاملة التعظم والبرمائيات ، تبقى الكلية طيلة حياتها ذات أهمية فى انتاج الخلايا الدموية . وفى هذه الحيوانات ، وفى السلاحف المـائية يحتوى الكبد على الأنسجة المكونة للدم . وفى القروش تتكون الخـــلايا البيض فى المناسل . ويستمر وجود الأنسجة الليمفاوية فى الزور فى الحيوانات المختلفة

من السمكة الى الثدييات ككتل من الخلايا تشبه اللوز . فى الفقاريات العليا يعمل نخاع العظام كمركز كبير لتكوين الدم . وتصبح التجاويف الداخلية فى العظام الطويلة ذات فائدة ايجابية فى هذا السبيل . فى بعض الضفادع وفى الزواحف والطيور تتكون كل أنواع الخلايا الدموية فى النخاع . وفى الثدييات — مع ذلك — يظهر أن نخاع العظام لا يدفع الى الدم بخلايا لمفية . وقد وجد أن هذا النوع الأخير — بدلا من ذلك — يخزن ويتكاثر فى العقد اللمفية ( شكل ٢٩٩ ) وهى أعضاء مستديرة وصغيرة تقع على طول الأوعية اللمفية . وقد توجد عقد لمفية قليلة فى الطيور ولكن لا يوجد مثل هذا التركيب فى طوائف الفقاريات الدنيا .




شكل ٣٠٠ — رسم توضيحي لجزء من طحال الثدييات . التجويفات الوريدية سوداء . اللب الأبيض ( نقط ثقيلة ) . حافظة النسيج الضام والحواجز ( نقطة خفيفة ) . اللب الأحمر ( غير منقط ) . الشرايين المغلفة محاطة باللب الأبيض عن فينرتي وكودرى ) .

**الطحال :** هل نجد فى حالة الطحال فقط انسجة تشـــارك فى تكوين خلايا الدم او تخزينها كما توحى بذلك حالة هذا العضو الكبير القائم بذاته ؟ حتى فى دائريات الفم يوجد الطحال ككتلة من النسيج الدموى المتشـــابك الذى يحيط بجزء من المعى . ولكن فى كل مجموعة أخرى من الفقـــاريات ، فهو وأن كان ملاصقا للمعى الا انه تركيب احمر مميز يقع فى المساريقـــا الظهرية . وكما يرى فى شكل ٣٠٠ قد يكون له تركيب معقد . وفى داخـــل تركيبه الشبكى توجد كتل من الخلايا الدموية التى تكون فى مناطق محددة أما لبا أبيض يحتوى على الخلايا البيض ، واما لبا احمر تسود فيه الخلايا الحمر . ويغذى الطحال بشريان ويصرف بوريد ويتفرع كلاهما بطريقـــة معقدة ولا توجد أوعية لمفية .

والطحال فى كل مجموعة مركز هام لانتـــاج الخلايا الدموية ؛ ففى الجنين خلايا الدم الحمر ، وكذلك خلايا الدم البيض تتكون فيه . وتبقى هذه الوظيفة فى الحيوان اليافع الا فى الثدييات حيث يصبح النخاع المركز الهام لانتاج الخلايا الحمر ، أما الخلايا البيض فهى التى تنضج فقط فى الطحال . ومع ذلك تخزن الخلايا الحمر بكميات كثيرة فى الطحال ؛ وذلك فى الثدييـات كما هى الحال فى الحيوانات الدنيا ، كما تتكسر فيه مثل هـذه الخلايا الى درجة ما على الأقل .

## الأوعية الدورية

أوعية الجهاز الدورى مثل الخلايا الدموية تنشأ من الميزنكيم الجنينى . وعندما يبدأ السائل المحتوى على الغذاء فى السريان خلال الجسم فى الأجنة المبكرة تتجمع الخلايا الميزنكيمية المجاورة حول مثل هذه المجارى وتحيطهـا بجدار كامل . ويتم تكوين كل الأوعية بنفس الطريقة . وأخيرا فى التكوين وفى الحياة اليافعة تتكون أوعيـــة جديدة ( كلما نمت الأنسجة أو كضرورة لاصلاح الأضرار ) بنموات من بطانة المجارى التى سبق تكوينهـــا . تسمى البطانة الداخلية للأوعيـــة الدموية . والبطانة الداخليـــة – وتتكون من خلايا رفيعة ورقيـــة الشكل – متصلة بعضها ببعض عند حافاتها وهنـــا يصبح السائل المتجول على اتصـــال مباشر مع السائل البينى ، أو خـــلايا الجسم ، ولو أن اغلب البلازما تستطيع أن تمر بحرية من خلال الغشـــاء الطلائى الداخلى الرفيع .

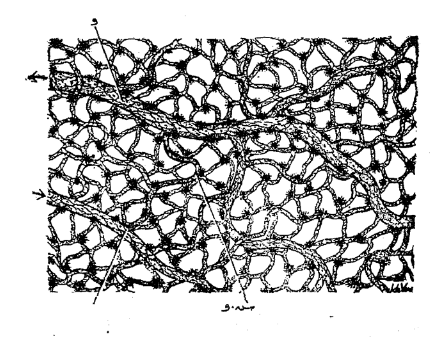
وتشمل اوعية الجهاز الدورى على : (١) القلب ، و (٢) الشرايين ، وهى التى تعرف بأنها الاوعيـــة التى تحمل الدم من القلب الى انسجـــة الجسم ، و (٣) الشعيرات والتراكيب المشابهة وهى أوعية صغيرة جدا تصل الشرايين بالأوردة ، و (٤) الأوردة وهى التى تعـــود بالدم الى القلب أو فى اتجاهه ، و (٥) الأوعية اللمفية وهى أوعية مساعدة ظاهرة فى الفقـــاريات العليا تساعد فى عودة السوائل من الانسجة .

**الشعيرات** : ( شكلى ٣٠١ ، ٣٠٢ ) . وهى أصغر الأوعيـــة ، وتتكون جدرها من طبقة طلائية داخلية واحدة رفيعة يسمح اتساعها الداخلى بمرور كرية حمراء واحدة فقط . وتمتد الشعيرات عادة من نهايات أفرع الشرايين . وتجول داخل الأنسجة بطريقة تصبح بعدها لا توجد خلية واحدة بعيدة عن شعيرة من الشعيرات . وتتجمع هذه الشعيرات عند نهايتها البعيدة لتكون الأوردة . وقد تقحم شبكة من الشعيرات مع ذلك فى طريق الجهاز الشريانى او الوريدى ، فى الفقاريات التى لها خياشيم قد يعترض طريق الدم الشريانى من القلب جهاز شعيرى (١) فى الخياشيم . وعودة الدم الوريدى من الأنسجة الى القلب قد تعترض طريقه أيضا ممرات قهرية عن طريق شبكة من الشعيرات أو ما يشبهها من الأوعية ، كما يحدث فى الكبد فى كل الفقاريات وفى كثير من الحيوانات . وقد يحشر جهاز من الشرايين يعود بالدم الى شعيرات بابية فى بعض الأعضاء بدلا من أن يعود مباشرة الى القلب ويسمى هـــذا بالجهـــاز البابى .

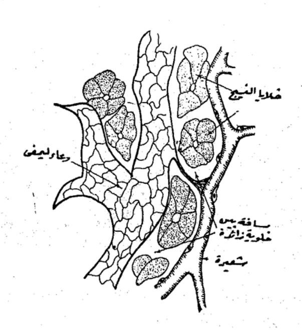
وبالرغم من أن الشعيرات هى الاتصالات الكبيرة بين الشرايين والأوردة فانه توجد انواع أخرى من الاتصالات . فقد توجد احيـــانا دوائر قصيرة مباشرة من القنوات الأكبر ــ تشابك ــ بين الشرايين والأوردة ، او قد تحل محل الشعيرات برك صغيرة ورفيعـــة الجـــدر من الدم تسمى بالجيوب .

---

(١) لقد تعودنا أن نفكر فى الصورة المرئية أن الدم الشريانى دم مؤكسج ، ومن ثم فلونه أحمر . ولكن الدم الشريانى ما بين القلب والخياشيم هـــو طبيعيا أزرق . الشرايين والأوردة التى تؤدى من والى الرئة فى رباعيـــات القدم ينعكس نوعى الدم الأزرق والأحمر .



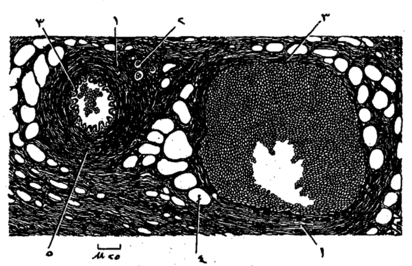

شكل ٣٠١ ــ جزء من الشعيرات فى الغشاء الموجود بين اصابع قدم الضفدع يبين الشريان الصغير ( ش ) والوريد (و) وشبكة من الشعيرات والاتصالات المباشرة بين الشرايين والأوردة (ش.و) . ( عن ينج ) .



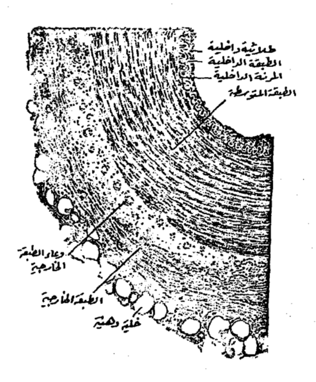

شكل ٣٠٢ ــ وعاء ليمفى صغير وشعيرة مجاوره عن بولدر )

والشعيرات صغيرة لدرجة انها لا تشرح بالوسائل العادية ، ومن ثم فهى تهمل من وجهة النظر التشريحية .ولكن يجب أن لا ننساها لأنها من الناحية الوظيفية هى اهم جزء فى الدورة الدموية . وفى غيرها من الأوعية الدم عابر فقط . أما هنا فى الشعيرات فان الدم يعمل ، فمع السوائل بين الخلوية . وعن طريق هذه مع الخلايا يتم تبادل الاكسيجين والمواد الغذائية بدلا من ثانى اكسيد الكربون والمواد المسرفة ، وعند الطرف الأمامى لجهاز الشعيرات يميل التوازن بين ضغوط السوائل الى دفع المواد خارج الشعيرات. ويكفى الضغط الأسموزى لدفع الأكسيجين والمواد الأخرى الذائبة من الدم الى الأنسجة . وفى النهايات البعيدة جدا من الشعيرات يقل عادة ضغط السوائل . والفرق بين الضغط الأزموزى والسوائل الخارجية يساعد على خروج ثانى اكسيد الكربون والمواد المسرفة .

**الشرايين والأوردة :** ( شكلى ٣٠٣ ، ٣٠٤ ) . أما الأوعية الأكبر فى الجسم فهى الشرايين والأوردة وافرعهما الأصغر الشريينات والوريدات، وكذلك الأوعية اللمفية الكبيرة تغلف جدرها اغلفة خارجية بالاضافة الى الطلائية الداخلية الموجودة فى كل مكان ، وتشمل هذه الياف من النسيج الضام والياف مرنة وخلايا العضلات الملساء بكميات مختلفة . وتوجد فى جدر الشرايين والأوردة الكبيرة اوعية دموية صغيرة مغذية لهذه الأنسجة .




شكل ٣٠٣ ـ قطاع فى شريان صغير والوريد الذى يصاحبه يبين الفرق فى الحجم وسمك الجدر . ١ ـ الطبقة الخارجية ٢ ـ شعيرات ٣ ـ الطلائية الداخلية ٤ ـ خلية دهنية ٥ ـ الطبقة المتوسطة (الطبقةالعضلية) للشريان . ( عن ينج عن ماكسيمو وبلوم ) .




شكل ٣٠٤ — قطاع فى شريان ثديى . ( عن شيفر ) .

وتوصف عادة جدر الأوعية الكبيرة بأنها تتكون من طبقات ثلاث : طبقةداخلية وطبقة وسطى وطبقة خارجية . وكما يرى فى الأوعية الصغيرة قد تتكون الطبقة الداخلية من طلائية داخلية فقط ، ولكن توجد فى شريان كبير ايضا طبقة رفيعة من النسيج الضام وغلاف من النسيج المرن وهو الغشاء المرن الداخلى . اما الطبقة الوسطى فهى دائما غلاف من العضلات الملساء والتى قد تتكون عادة فى الأوعية الكبيرة من طبقتين من الألياف الدائرية والألياف الطولية . وقد تحد احيانا الطبقة الوسطى من الخارج بغشاء مرن ثان . وتوجد فوق ذلك الطبقة الخارجية — نسيج ضام — مفكك غالبا وهو الذى يربط الوعاء بالتراكيب المجاورة . وللشرايين والاوردة تركيب مشابه الا ان الاوردة ( كما يرى فى شكل ٣٠٣ ) جدرها ارفع واكبر اتساعا من الشرايين المماثلة. وهذه الخلافات عادة نتيجة لأن الدم الشريانى يدفع تحت ضغط اعلى وبسرعة اكبر من سرعة الدم فى الأوردة .

وتؤدي هـــذه الخلافات الوظيفيـــة الى فروق أكثر بين الشرايين والأوردة . فان اتساع الشريان يميل للبقاء ثابتا ويقل فقط عندما يتفرع الشريان الى افرع أصغر . ولكن الوريد قد يتمدد على طوله ليكون كيســا كبيرا او جيبا. وبالجهاز الشريانى قليل من الشواذ الفردية ، على حين تختلف الأوردة كثيرا . ولما كانت التيارات المتدفقة بسرعة من اعلى الجبل نميل الى اتخاذ الطريق المباشر غير المتعرج بينما اندفاع التيار الهادىء ينعـرج ويتفرع ثم يتجمع مكونا جزرا ، وهكذا فى الجنين يظهر الوريد كشبكة من القنــوات المختلفـة ( قارن شكل ٣٢٩ ) . واى من هـــذه القنـــوات سيكون الوريد فهذا غير محدد ، ومن ثم كانت الاختلافات العــديدة فى الأوردة . وتتكون فى الأوردة عادة صمامات وعادة فى ازواج ، وهذه الصمامات ثنيات من الطبقة الداخلية حيث يقع خلفها انخفاض يشبه الجيب . ومرور السوائل الى الخلف فى وريد هادىء يمنعه امتلاء هـــذه الجيوب . ومن ثم تغلق الأوردة . ولا يوجد غالبا مثل هذه التراكيب فى الشرايين ابدا حيث ان الدم الشريانى لا يمكن ان يمر الى الخلف ضد صمامات القلب .

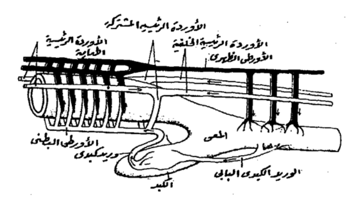
## الجهاز الشريانى

جهاز القوس الشريانى فى الأسماك ( أشكال ٣٠٥ ، ٣٠٦ ، ٣٠٩ ) — فى الفقاريات البدائية التى تتنفس بالخياشيم ( وفى السهيم كذلك ) يمر كل الدم من القلب الى الأمام فى أورطى بطنى يقع فى قاع الزور . ومن هـــذا الاورطى يلتف الى اعلى عدد من الاقواس (١) الشريانية على كل جانب بين الفتحات الخيشومية المتالية . ويتفرع كل قوس الى شعيرات فى الأغشية الخيشومية لتهوية الدم ، ثم تتجمع الشعيرات ثانية فى المنطقة الظهرية الى اوعية شريانية تمر الى انسجة الجسم والراس . وفى الفقاريات الأرضيـة تفقد الخياشيم ، ولكن الاوعية القوسية توجـد فى كل جنين . وتاريخ الاقواس الشريانية من اعظم الفصول الهامة فى التطور التركيبى للفقاريات .

وفى شكل توضيحى لحيوان فقارى بدائى ( شكل ٣٠٩ ا ) يمكن ان نرسم الدورة الشريانية ، وهى تضم اقواسا زوجية تمر الى اعلى كل جانب امام او بين كل فتحة او جيب خيشومى ، وتصل الى الاورطى الظهرى بعد شبكة من الشعيرات ، وهذا الوعاء الكبير فى الخلف عبارة عن جذع وسطى

---

(١) الاستعمال الثلاثى لكلمة قوس فى منطقة الخياشيم قـد شرح من قبل . وفى هذا الفصل سنستعمل دائما القوس الشريانية .




شكل ٣٠٥ ـ شكل توضيحى للأوعية الدموية الكبيرة فى السهيم . وبخلاف غياب القلب فى النهاية الخلفية للأورطى البطنى يشبه هذا الجهاز ما هو موجود فى الفقاريات . الذى يظهر هنا هو قليل من الأقواس الشريانية فقط . الجهاز الشعيرى غير مبين الا ذلك الخاص بالجهاز الكبدى البابى .

واحد يحمل الدم الى الخلف الى أعضاء الجسم ، فى حين يتكون فى الأمام من زوج من الأوعية واحد على كل من جانبى الرأس . ويظهر أن عدد الأقواس الشريانية كان كبيرا ومختلفا فى أسلاف الفقاريات ( وهو كبير جدا فى السهيم ) ، وبخلاف دائريات الفم وعدد قليل جدا من القروش قد توجد عادة فى الفقاريات خمس فتحات خيشومية ، بالاضافة الى المتنفس ( شبه الخيشوم ) ، ومن ثم فمن المحتمل وجود ست أقواس شريانية تعرف عادة بالأرقام الرومانية . وتتكون هذه الأقواس فى أجنة الفقاريات عامة بترتيب منتظم من الأمام الى الخلف . وحتى تبدأ الخياشيم فى العمل تبقى هذه الأقواس مستمرة وغير متقطعة فى الأسماك .

وترفض الفقاريات على اختلافها أن تحور نفسها الى تركيب من صناعة الانسان ، ومع ذلك ففى الأقواس الشريانية ـ كما فى أى مكان آخر ـ الحالة المثالية التى صورناها لا تبقى أبدا فى الحيوان اليافع . وعندماتتكون الشعيرات الخيشومية فى الأسماك تحدث اختلافات كبيرة فى أجزاء الأقواس الواردة والصادرة . وقد أوضحنا بالرسم توزيع الأقواس حيث يمد كل واحد منها كل خيشوم ( أى كل فاصل خيشومى ) ، ولكن فى الجلكيات يمد كل قوس كلا من الجزء الأمامى والخلفى للجيب الخيشومى ، وفى القروش كذلك الأوعية الصادرة موجودة أمام كل فتحة خيشومية . والطريقة التى تتفرع بها

القوس الى جهاز شعيرى تؤدى الى اختلافات فى ترتيب الأوعية الواردة والصادرة وممثل فى شكل ٣١٠ الاختلافات الموجودة فى مجموعات الأسماك المختلفة من هذه الوجهة . وتوجد اختلافات أخرى غامضة فى وجود أوعية صادرة صغيرة ( لا تظهر فى رسوماتنا ) والتى قد تمد انسجة منطقة الزور والقلب .

والحقيقة الهامة جدا هى أنه فى الأسماك ذات الفكوك ، والتى تتكون فيها دائما ست اقواس فى الجنين ، لا بد وان يختفى أو يتحور بعض منها . وهذه هى الحال مع القوس الضبى . وتظهر غالبا هذه القوس واضحة فى جنين الفكفميات العائشة ، ولكن لا يبقى منها الا جزؤها الظهرى الذى قد يساعد فى الامداد الدموى للرأس ( شكل ٣٠٦ شريان المتنفس . قارن شكل ٣٠٩ ب ) القوس الشريانى الثانى ـ اللامى ـ تام التكوين فى الأسماك الغضروفية ، ولكنه يفقد أيضا فى الأسماك ذات الزعانف المشععة والسمكة الرئوية ايبسراتودس . وهناك اختلاف آخر فى السمكة الرئوية الافريقية بروتبترس ، والتى تعتمد كثيرا على الرئات فى التنفس ، وهو أن القوسين الثالثة والرابعة يسيران من غير انقطاع مارتين بمنطقة الخياشيم .

**الأقواس الشريانية فى البرمائيات :** ( شكلى ٣٠٩ هـ ، ٣١١ أ ) . وتحدث تغيرات ابعد فى الأقواس فى البرمائيات ، ولكن التركيب فى الحيوان اليافع على أكثر تقدير لا يبعد كثيرا عما هو فى الأسماك الأكثر تقدما ، ويرتبط هذا بحقيقة ان الأوعية الخيشومية تصبح انابيب مستمرة مع فقدان التنفس بالخياشيم . وتتكون الشعيرات الخيشومية فى يرقة الضفدعة فقط لتختفى فيما بعد . ولكن فى الذيليات حيث لا تتكون الخياشيم الداخلية فيها أبدا تبقى الاقواس كتراكيب مستمرة من الجنين مباشرة الى الحيوان اليافع . وكما فى الأسماك الأكثر تقدما يختفى الأول والثانى فى أثناء الحياة الجنينية . وفى كثير من الذيليات قد تبقى كل الاقواس الاربع الباقية ، ولكن القوس الخامسة لا توجد فى بعض الذيليات ، وفى كل اللامذنبات . وتبقى الأقواس الثالثة والرابعة كأعضاء باقية من هذه المجموعة .

وتحدث التغيرات مع ذلك فى الاتصالات الظهرية للأقواس . حتى فى الاسماك يميل الدم المتدفق الى أعلى فى القوس الثالثة الى المرور الى الأمام فى اتجاه الرأس اكثر من الخلف فى اتجاه الجسم . وفى رباعيات القدم يصبح هذا القوس وامتداد الاورطى الظهرى منه الى الامام الشريان السباتى الداخلى . ويجرى الى الأمام وعاء من ظهر القوس الثالثة فى الجهة البطنية

الى منطقة اللسان مكونا الشريان اللسانى . ونهاية الاورطى البطنى التى تؤدى الى كلا الوعائين تسمى بالسباتى المشترك وخلف السباتى جزء الأورطى الظهرى الذى يربطه مع الأقواس التالية قد يختفى فى بعض البرمائيات وغير موجود فى أغلب الرهليات ويسمى عندما يكون موجودا بالقناة السباتية .

القوس الرابعة دائما عبارة عن زوج كبير من الاوعية فى رباعيات القدم الدنيا وتسمى بالقوس الجهازية حيث أنه المجرى الرئيسى لتدفق الدم من القلب الى الجسم . أما لماذا اختيرت هذه القوس كمجرى بدلا من الطريق الأقصر والمباشر اكثر وهو طريق القوس الخامسة فهذه مشكلة لم نهتد الى حل لها .

تستقبل الرئة فى رباعيات القدم دمها من شريان رئوى يأتى بالدم الى الخلف من القوس السادس . وفى أثناء الحياة اليرقية لأى حيوان برمائى عندما لا تكون الرئات عاملة يتجه اغلب الدم فى هذا القوس مباشرة الى الاورطى الظهرى كجزء من التيار الرئيسى الى الجسم . وعندما يبدأ تنفس الهواء يتحول تيار الدم فى هذه القوس الى الرئة . ويصبح عندئذ الجزء الظهرى للقوس غير مهم فيختفى فى الضفادع وفى اغلب الرهليات ويبقى مع ذلك فى صورة اثرية بين المذنبات وعديمة الأقدام وقليل من الزواحف حيث يسمى بالقناة الشريانية . وتميل قاعدة الأورطى البطنى الى الانقسام مع الانفصال من الوعاء الرئيسى للجذع الرئوى .

والخلاصة نرى فى البرمائيات اتجاها قويا نحو انفصال الجهاز القوسى القديم الى اجزاء ثلاث : (١) زوج سباتى يمد منطقة الرأس و (٢) زوج من الأقواس الجهازية تمد الجسم ، و (٣) زوج من الشرايين الرئوية التى تبدأ من القلب بجذع منفصل عن ذلك الجذع الذى يؤدى الى الجزئين الآخرين .

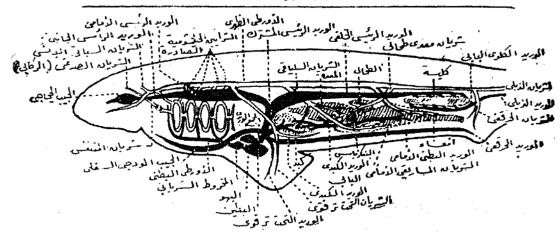
**الأقواس الشريانية فى الرهليات** : يختص التخصص الأكثر فى جهاز الأقواس فى الرهليات أساسا بالقوس الجهازية حيث يحل اللاتماثل بدلا من الحالة الأصلية الزوجية المتماثلة . وكما رأينا فى البرمائيات كلتا القوسين الجهازيين ، وكذلك السباتيين تترك القلب عن طريق جذع مشترك . ويوجد فى الزواحف العائشة بدلا من ذلك جذعان ( شكل ٣١١ جـ ، د ) . يؤدى احدهما — وهو اصغر الاثنين — الى القوس الجهازية اليسرى فقط . اما الآخر — وهو الوعاء الأكبر — فيمد كلا من السباتين والقوس الجهازية اليمنى

التى هى اكبر من قرينها . وتقع قاعدة الفتحتين من القلب بحيث تستقبل الفتحة الكبرى دما نقيا من الرئتين ، فى حين تعيد القوس اليسرى دورة الدم الوريدى مرة اخرى الى الجسم ، ولهذا فوظيفته بسيطة ( الا حيث يخلص الرئتين من حجم كبير جدا من الدم ) . فى الطيور (شكل ٣٠٩ ز ) يختفى هذا الوعاء ويخدم الراس والجسم اورطى واحد كبير يتبع ممر القوس الشريانية اليمنى الرابعة .

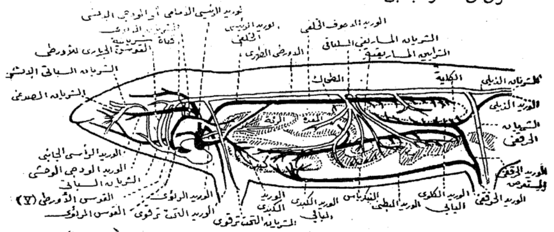
وقد اتخذ تطور الاقواس فى الثدييات طريقا مختلفا ففى اسلاف الثدييات انحرفت الاقواس عن تلك الموجودة فى الزواحف الحديثة فى طور مبكر جدا . وليس هناك سبب للاعتقاد ان الانفصال بين الاوعية الذى يؤدى الى القوسين الجهازيين قد حدث ابدا . ولكن بالرغم من هذا فان زوجا من الاقواس غير ضرورى وغير قادر . وفى مكان ما على طول الخط الذى يؤدى الى الثدييات قد اختفت القوس اليمنى الرابعة من الصورة . والثدييات ، مثل الطيور ، قد بسطت الأمداد الدموى الجهازى . ولكن اذا كانت الطيور قد تمسكت بالقوس اليمنى فانه فى الثدييات اصبحت القوس اليمنى من هذا الزوج هى القوس الأورطية الكبيرة .

وفى الثدييات كلا السباتيين وكلا الشريانيين الذاهبين الى الأطراف الصدرية ( التحت ترقويين ) يمدها الدم من نفس الجذع الكبير . ويوجد مع ذلك اختلافات كبيرة فى طريقة تفرعها ومبين بشكل ٣١٢ بعضا من هذه الاختلافات .

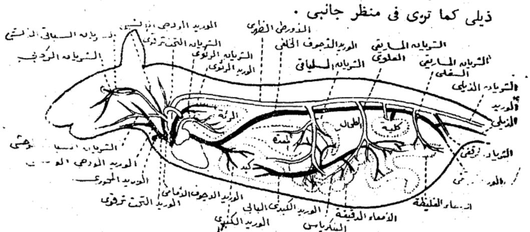
ويعيد التكوين الجنينى للأقواس الشريانية فى الثدييات ـ الى درجة كبيرة ـ قصة تطور النوع التى وصفت قبل ذلك ( شكل ٣١٣ ) . والطريق الأول للدم من القلب الى الجسم هى القوس الأولى . وتتكون الجيوب الخيشومية خلف هذه القوس ، ثم تتكون الاقواس الشريانية ٢ و ٣ و ٤ بين هذه الجيوب . وتظهر القوس الخامسة كتركيب انتقالى فى بعض الحالات. واخيرا تتكون القوس السادسة . وكما تتكون الاقواس الخلفية تقل الاقواس الامامية فى الاهمية . تختفى القوسان الأولى والثانية وتصبح القوس الثالثة مميزا كسباتى . ويمر الدم فى القوس السادسة الى اعلى فى الجنين حتى الأورطى الظهرى ، ويدخل قليل منه الشريان الرئوى حتى الولادة ، وعندئذ يسد الجزء العلوى من هذه القوس المعروف بالقناة الشريانية . وفى نفس الوقت ينفصل الجذع الرئوى من الاورطى ، وتختفى القوس اليمنى الرابعة وتقفل القناة السباتية . ويعيد جنين الثدييات عندئذ التاريخ التطورى للأقواس الشريانية .



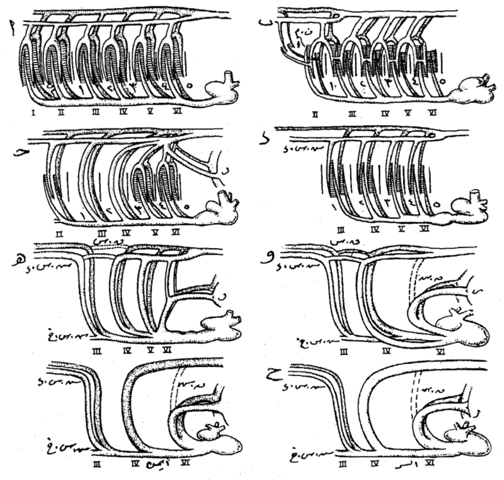
شكل ٣٠٦ – شكل توضيحى للاوعية الدموية الرئيسية للقرش كما ترى فى منظر جانبى .



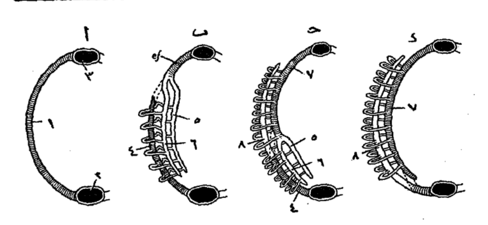
شكل ٣٠٧ – شكل توضيحى للاوعية الدموية الرئيسية فى برمائى ذيلى كما ترى فى منظر جانبى .



شكل ٣٠٨ – شكل توضيحى للاوعية الدموية الرئيسية لحيوان ثديى ( الفار ) كما ترى فى منظر جانبى .



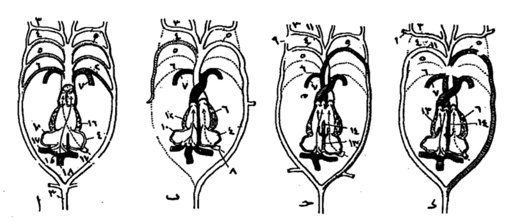

شكل ٣٠٩ — شكل توضيحى للأقواس الشريانية والأوعية التى تخرج منها فى مختلف أنواع الفقاريات . أ — سلف نظرى للفقاريات ذات الفكوك له ست اقواس شريانية غير متخصصة . ب — حالة الأسماك المثالية كما ترى فى القرش . جـ — السمكة الرئوية بروتبترس . د — سمكة كاملة التعظم . هـ — سلامندربرى . و — سحلية ز — طائر . ح — حيوان ثديى. الأوعية الاضافية المختلفة حذفت . الأوعية على الجهة اليمنى مظللة اغمق فى الحيوانات البرية رسم مكان الأوعية ( لسهولة التوضيح ) ليشبه الى حد ما مكان الأقواس التى منها تفرعت . الأقواس الشريانية مبينة بالأرقام الرومانية . ف . م — فتحة المتنفس يليها الفتحات الخيشومية مبينة بالأرقام العربية . ق . س — قناة سباتية . ق . ش — القناة الشريانيه الجنينية . ش . س . خ — الشريان السباتى الخارجى . ش . س . د — الشريان السباتى الداخلى . و — الرئوية . القناة السباتية المبينة فى السباتية فى السحلية لا توجد فى الزواحف الأخرى . فى الترسة ينشأ السباتيين من القلب مباشرة بجذع منفصل . ق ح — القناة الشريانية الجنينية التى تمر بجانب الرئتين مبينة بخطوط منقطة .



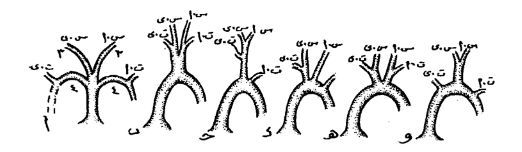

٣١٠ شكل توضيحى لسريان الدم فى خيشوم السمكة. الجانب الايسر من الخلف . ا ــ الحالة الجنينية ــ القوس الشريانى ( ١ ) مستمر من الاورطى البطنى الى الاورطىالظهرى ( ٣ ) ب ــ حالة القرش . الزعاء الخيشـومى الوارد ( ٤ ) يتكون من القوس الشريانى . ازواج الأوعية الصادرة (٥) و (٦) هى تكوينات جديدة . جـ ــ حالة انتقالية الى د ــ كما ترى فى أستيرجون . د ــ حالة الأسماك الكاملة التعظم . القوس الجنينى يعطى الوعاء الصادر ( ٧ والوعاء الوارد ( ٨ ) تكوين جديد .
( عن سيورتزوف وجود ريش )

**الامداد الدموى الى الراس** : ( شكل ٣١٤ ) تمد منطقة الجمجمة فى الاسماك بدم شريانى من زوج من الأوعية ألتى تكون الطرف الامامى للشريان الظهرى ، والتى تمتد الى الامام على كلا من جانبى الراس كما راينا ، ويصبح هذا فى فقاريات البر الشريان السباتى الداخلى . ويمتد الجذع الرئيسى من هذا الشريان الى أعلى داخل محفظة المخ امام الغدة النخامية . وقبل ان يفعل هذا يعطى فرعا كبيرا هو الشريان الحجاجى ليمد اغلب منطقة الوجه والفك . وينطبق هذا الوضع على أغلب فقاريات البر بما فى ذلك بعض الثدييات حيث يوجد شبيه الشريان الحجاجى ، وهو الشريان الركابى ، ويسمى هكذا لانه غالبا ما يمر من خلال فتحة فى هذه العظيمة الاذنية .

وقد اوضحنا مع ذلك انه فى اغلب فقاريات البر المبكرة كان يوجد شريان لسانى يمد منطقة اللسان بالدم . ويصبح هذا فى الثدييات اكبر واطول كشريان سباتى خارجى يختص بامداد الفك الاسفل ، وكثيرا ما يمد الفك الاعلى . وفى كثير من الأحوال ( كما فى الانسان ) يمد حتى الوجه بالدم، حتى ان الشريان الركابى يصبح مفقودا . والعملية تشبه الى حد كبير عملية قرصنة حيث يستنزف جهاز نهر ما منابع النهر الآخر .



شكل ٣١١ ــ شكل توضيحي للقلب والاقواس الشريانية في رباعية القدم
أ ــ البرمائيات . ب ــ ثدييات . جـ ــ زواحف مثالية حديثة .
د ــ التماسيح مناظر بطنية . القلب ( مشرح ) ومبين كأنما الغرف مرتبة بنفس الترتيب . النهايات الظهرية للأقواس موضوعة على كلا الجانبين . الاسهم الكاملة تمثل تيار الدم الوريدي الرئيسي . الاسهم بخطوط متقطعة تمثل الدم الذي يأتي من الرئة . الأوعية التي بها دم تبقى غير مظللة وتلك التي تترك القلب بدم وريدي مخططة . الوعاءان في قمة كل شكل هما السباتيان الداخليتان ( على الجانبين ) والسباتيان الخارجيتان ( في الوسط ) . في البرمائيات من غير الفاصل البطيني يختلط تيارا الدم الى درجة ما . وانقسام المخروط الشرياني يميل الى تكوين انقسام جزئي . ولكن بعضا من الدم الوريدي يعود الى الاورطي الظهري في الثدييات انفصال البطين كامل . وينقسم المخروط الشرياني الى وعائين وتختصر الأقواس الى الجهازين الأيسر والرئوي . ويظهر أن حالة الثدييات قد نشأت مباشرة من الحالة البدائية المحتفظ بها في البرمائيات، لأنه في الزواحف الحديثة المخروط الشرياني يبين الانقسام الى ثلاثة أوعية لا اثنين ويعود احدهما بالدم الوريدي الى الجسم ويؤدى فقط الى القوس الايسر الرابع . في التماسيح الفاصل البطيني تام تقريبا وحذف القوس الايسر الرابع تؤدي الى حالة الطيور . ١ ــ التحت ترقوى الأمامي ٢ ــ قناة بوتاللي ٣ ــ الأورطي الظهري ٤ ــ الأذين الأيسر .
٥ ــ القوس الجهازي الايسر . ٦ ــ البطين الايسر . ٧ ــ الشريان الرئوي ٨ ــ الوريد الرئوي . ٩ ــ جزء من الأورطي الجانبي يبقى مفتوحا في بعض الزواحف . ١٠ ــ الاذين الايمن ١١ ــ القوس الجهازي الايمن ١٢ ــ البطين الأيمن ١٣ ــ الفاصل البينأذيني. ١٤ ــ الفاصل البينبطيني ١٥ ــ الجيب الوريدي . ١٦ ــ البطين . ١٧ ــ الوريد الاجوف الامامي ١٨ ــ الوريد الأجوف الخلفي . ( عن جودريش ) .



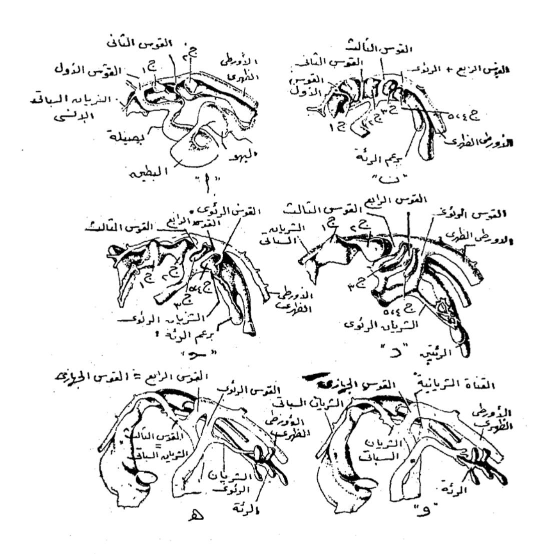
شكل ٣١٢ ـ اشكال توضيحية . مناظر بطنية تبين الاختلافات فى تفرع الأوعية الدموية الرئيسية من القوس الشريانى فى الثدييات .

أ ـ الحالة الجنينية مع الجـــذع البطنى للأورطى وزوج الأقواس الثالث ( السباتى ) والرابع والتى يختفى منها بعد ذلك القوس الأيمن الرابع خلف نقطة تفرع التحت ترقوى . وباستمرار نمو الأوعية التفاوتى تظهـــر الترتيبات المختلفة فى ب الى و ( د طراز الانسان ) .

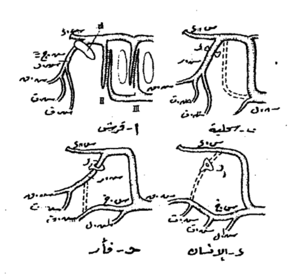
س . أ ـ سباتى أيسر . ت . أ ـ تحت ترقوى أيسر . س . ى ـ سباتى أيمن . ت . ى ـ ترقوى أيمن ( جزئيا عن هافرل ) .

**الامداد الدموى للجسم والاطراف** ( أشكال ٣٠٦ ـ ٣٠٨ ، ٣١٥ )

فى كل حيوان فقــارى يقــوم الاورطى الظهرى بالجــزء الأكبر من الامــداد الــدموى للجـــــذع والذيل والأطراف . ولو أن الاورطى الظهرى زوجى فى الأمام الا أنه فرع واحد وسطى فى الجذع ، ويقع تحت العمود الفقارى وفوق جدر المساريقا . ويتكون نوعان من الأفرع ، أفرع وســطية بطنيـــة تنحرف تجاه المساريقا الى المعى ومشتقاته و ( الكبدوالبنكرياس ) ،وازواج من الأفرع الجانبية تمر اساسا الى العضلات والجلد والانسجة الأخرى فى جدر الجسم . الأوعية البطنية الحشوية عديدة فى الجنين ولكنها تتركز فى الحيوان اليافع عادة فى جذوع اساسية قليلة تضم الشريان البطنى الى المعدة والكبد ، وواحد أو اكثر من الشرايين المساريقية الى الأمعاء . كما توجد افرع جانبية قصيرة من الاورطى الى الكليتين والمناسل . وكذلك افرع أطول الى الأنبوبة الخارجية من الجسم التى كانت معلقة فى البداية ، وتبقى كذلك فى كثير من الفقاريات الدنيا . وفى المجموعات الأكثر تقدما مع ذلك نجد أن قنوات موصلة طولية تكون تفرعات فى نقاط عديدة ظهرية وبطنية وكنتيجة لهذا يوجد ميل لاختصار عدد من الشرايين الآتية من الاورطى تاركــة قلة نسبية من الشرايين الكبيرة قد يخدم كل منها منطقــة كبيرة من الظهــر والجنب .

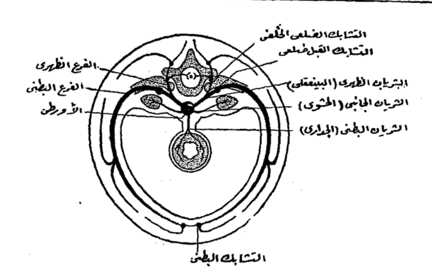


شكل ٣١٣ — تكوين الاقواس الشريانية فى الثدييات ( الانســـان ) . حدود تجويف الأمعاء والجيوب الخيشومية وبراعم الرئات مبينة بالاضافة الى الأوعية الدموية . فى أ — التجاويف داخل القلب مبينة . القوس الأول متكون. بــ القوس الأول ضامر والقوسان الثانى *II* والثالث. *III* متكونين جـ — القوس *III* ضامر والقوس *IV* ( الجهازى ) متكون . القوس VI ( الرئوى ) والشريان الرئوى يتكونان . ( القوس V لايتكون فى الانسان ). د . القوس الرئوى تام التكوين . هـ — القوس السباتى *III* منفصل ظهريا من الأورطى ، القوس الرئوى يصبح مميزاً عند الجذر من الأورطى البطنى . و — شكل توضيحى يبين عند الولادة ضمور النهاية العلياللقوس VI (القناة الشريانية ) . ج ١ الى ج ٥ الجيوب الخيشومية . ( عن ستريتر ) .



شكل ٣١٤ ــ شكل توضيحى للجانب الايسر من الراس يبين تطــور الجهاز السباتى . فى اطوار سمكة بدائية نصبيا ( أ ) الامتداد المباشر الأمامى للأورطى هو الشريان السباتى الداخلى الذى يدخل حافظة المخ بجانب الغدة النظامية . ويعطى هذا فرعا كبيرا ، الشريان الحجاجى ، الذى يمر ملاصقا للامفكى ويمد أغلب الأجزاء السطحية فى الجمجمة والفكين . ( وقد حـذف من هذا الشكل الامداد الدموى الاضافى من المتنفس الىالرأس ) . فى كثــير من الاربع قدميات يبقى شكل مماثل . الشريانالحجاجىيسمىعادةبالركابى حيث انه يمر ملاصقا او فى خلال الركاب ( = اللامفكى ) . ومع ذلك يمتد الى الأمام فرع صغير موجود بجانب جذر السباتى .كما يأخـذ الســباتى الخارجى فى الثدييات جزءا فى ( جـ ) أو كل وظائف الركابى فى ( د ) . س.خ ــ سباتى خارجى . ل ــ لامفكى . س . د ــ سـباتى داخلى . ش . ت ــ شريان تحت حجاجى . ش . ل ــ شريان لسانى . ش . ف ــ شريان فكى ش . ح ــ شريانحجاجى . ش . ق ــشريان فوقحجاجى. ر ــركاب. شر . ر ــ شريان ركابى .III،II القوسان الثانى والثـــالث . ب الى د جذر شريانى متحور = سباتى مشترك .

تمد شبكة من الشرايين الصغيرة زوجا من الزعـانف او الأرجـل فى التكوين الجنينى ( شكل ٣٢٩ ) وفى اثنـــاء التطور الفردى يميــــل واحد من هذه الشرايين ليصبح هذا الفرع السائد الذى يكون قناة رئيسيـة من الأورطى الى الطرف . ويطلق على الجذع الرئيسى عـــادة فى الأطـراف




شكل ٣١٥ ــ شكل توضيحى لقطاع فى الجسم فى الفقاريات العليا يبين أنواع التفرعات المختلفة التى قد يعطيها الأورطى . والأفرع الأكثر وضوحا هى تلك الأفرع البطنية الوسطية التى تنحدر فى المساريقا الى المعى وهكذا وزوج الشرايين البينعقدية والفرع الرئيسى البطنى الذى منه تنحدر الأفرع بين القطع العضلية أو بالقرب من الضلوع المتتالية . تشابك طولى قد يوجد بين العقد المتتالية فى مناطق مختلفة . ( عن آرى ) .

الصدرية اسمه الشديى الشريان التحت ترقوى ؛ لأنه يدخل الى الطرف . وقد يسمى نفس هذا الوعاء بأسماء عديدة أخرى ( مثل الذراعى أو المحورى ) عندما يمتد بعيدا . الجذع البدائى فى الأطراف الحوضية هو الشريان الوركى الذى يظهر خلف الحزام الحوضى . والفرع الرئيسى فى الثدييات مع ذلك هو الشريان الفخذى الذى يمتد الى الطرف الخلفى أمام الحرقفة ( ويسمى المابضى والجزء البعيد منه يسمى بالشظوى ) .

## الجهاز الوريدى

**الأوردة** ــ أوعية تأتى بالدم من الجهاز الشعيرى الى القلب ــ ولها نظام معقد ومختلف . ومع ذلك اذا درسنا تاريخها الجنينى يظهر أنه من الممكن تصنيفها الى عدد من الأجهزة . ومن هذه الوجهة يمكننا أن نميز ( شكل ٣١٦ ) :

( ١ ) جهاز تحت معوى يمر تحت الأمعاء فى الجنين وفى الحيــــوان اليافع ينقسم الى جهاز كبدى بابى يمر الى الكبد ، ومن الكبد تخرج أوردة كبدية الى القلب .

( ٢ ) أوعية تقع فى الجهة الظهرية للسيلوم أو الأمعاء وتحمل الدم الى القلب من الجزء الظهرى للجسم والرأس ( وغالبا الأطراف الزوجية أيضا ) ، وتشتمل على الأوعية الرئيسية والأوردة الجوفاء التى تحل محلهـــا ومحل أفرعها .

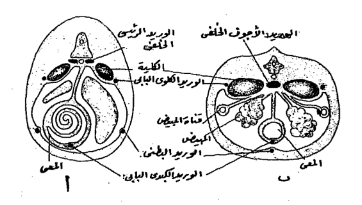
( ٣ ) مجموعة صغيرة نسبيا ، الوريد أو الأوردة البطنية التى تأتى بالدم من جدر الجزء البطنى للجسم فى معظم الطوائف .

( ٤ ) الأوردة الرئوية التى تحمل الدم من الرئة الى القلب فى الحيــــوانات ذات الرئات . وتقوم الأوردة فى القسمين الأول والرابع من هـــذه المجموعات الأربع بعملية التصريف من أنبوبة الأمعاء وماينمو منها ، وهى لهذا تمثل أساسا جهازا وريديا حشويا . أما القسمان الثـــانى والثالث فهما على العكس من ذلك عناصر اساســـية لجهاز وريدى يقوم بالتصريف من الجدار الخارجى للجسم .

**الجهاز الـكبدى البابى والأوردة الـكبدية :** ( شكلى ٣٠٦ ) الجهـــاز الكبدى البـــابى عام فى كل الفقاريات ، ويتـــكون من أوردة تجمـــع الدم من الأمعاء وتحمله الى جيوب الكبد . وهذا الجهاز أهم من الناحية الوظيفية ، حيث ان وجوده يضمن للكبد الفرصة الأولى فى اختزان او تحويل المـــواد الغذائية التى تمتصها شعيرات الأمعاء .

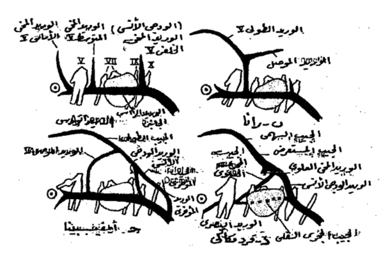
ويجمع الدم من الأمعاء بعد جيوب الكبد ثانية بواسطـة الأوردة أو الوريد الكبدى . والوريد الكبدى فى اغلب الأسماك وعاء كبير يصب مباشرة فى القلب . فى الأسماك لحمية الزعانف وفى رباعيات القدم نجد كماسنصف فيما بعد ( ص ٣٣٠ ) ان جزءا من الجهاز الوريدى الكبدى ينضم الى الوريد الأجوف السفلى . ونتيجة لهذا يطلق اسم الوريد الكبدى فى هذه الانواع على الوعاء أو تفرعاته التى تصب من الكبد الى الجزء النهائى من الوريد الأجوف .

الأوعية الدموية الاولى التى تظهر فى الجنين فى الأنواع ذات البيضه المتوسطة المح عادة هى زوج من الأوردة التى تتكون فى قاع الامعاء وتتحد مكونة قناة واحدة تمر الى الامام فى الجهة البطنية كوريد تحت معوى ( شكل ٣٣٠ ) . ومن اقصى الطرف الأمامى لهذا الجذع يتكون القلب والاورطى البطنى ــ وهى تراكيب لا تعنينا فى هذا المجال . اما باقى هذا الوعاء فيعطى الأوردة الكبدية والكبدية البابية . ويجرى هذا الوعاء الى وقت ما من غير اعتراضات من الامعاء الى القلب . وينمو الكبد فى نفس الوقت من الجهة البطنية للأمعاء . ومع نمو الكبد تختلط مواده بمواد الوريد



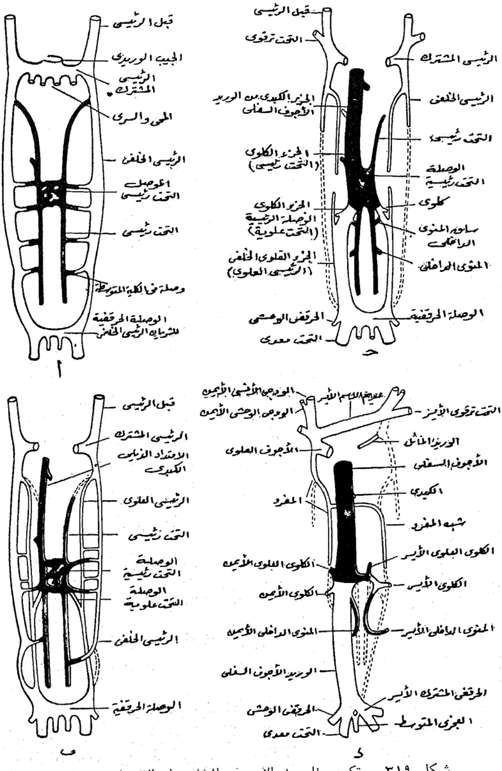

شكل ٣١٦ ــ ا ــ قطاع عرضى فى المنطقة البطنية للقرش تبين مكان الأوردة الرئيسية . ب ــ نفس القطاع فى حيوان برمائى ذيلى .

الذى يتفرع الى اوعية صغيرة ، وفى النهاية الى الجهاز الجيبى الكبدى . ويتكون نتيجة لهذا جذع بابى منفصل فى الخلف ووريد كبدى فى الأمام ( شكل ٢٣٢ ) . فى الانواع ذات المح الكثير تحدث عملية مشابهة فى اساسها فى تكوين الاوردة ، الا انه ــ كما سنصف فيما بعد ــ تحل الأوردة المحية محل الوعاء تحت المعوى فى تجميع المواد الغذائية من كيس المح . ولا يحدث فى الاسماك المثالية تكوين اكثر من هذا . فى جنين الأسماك الرئوية وفى الفقاريات العليا يصل فرع من الوريد الكبدى الى الجهة الظهرية على طول المساريقا ليفتح فى الجهاز الرئيسى الخلفى مكونا الجزء الأمامى من الوريد الأجوف الخلفى ويبقى الوريد الكبدى البابى وعاء كبيرا وهاما فى تجميع الدم ليس فقط من الأمعاء ولكن من المعدة والبنكرياس والطحال كذلك ، وليحمله امامًا الى الكبد .



شكل ٣١٧ ــ اشكال توضيحية للجانب الايسر لمنطقة الراس تبين اطوار تطور التصريف الوريدى . جذور بعض الأعصاب المخية مبينة وكذلك مكان العين موضح والحافظة السمعية منقطة . فى الفقاريات الدنيا يتم التصريف الأساسى عن طريق وريد راسى جانبى يتكون فى المنطقة الحجاجية ويمتد الى الخلف ليصبح الوريد الرئيسى الامامى . ويستقبل هذا اولا عددا من الأوردة المتتالية من داخل الجمجمة . تتكون مجموعة من الجيوب داخل حافظة المخ . وريد الرأس الجانبى غير موجود فى الثدييات . والدم من المنطقة الحجاجية يدخل الجهاز الجيبى والكل يصرف من الجمجمة كوريد ودجى داخلى .
ا ــ سمكة رئوية . ب ــ ضفدعة . جـ ــ سحلية . د ــ ثديى (قرد مكاكى ) ( عن فان جيلدرن ) .

شكل ٣١٨ ــ مناطق بطنية للأوردة أمام منطقة القلب فى أطوار تكوينية متتابعة تبين التكوين فى الانسان وفى بعض الثدييات الاخرى . وريد أجوف امامى أو علوى من الرئيسيين الأماميين ( القبل رئيسيين ) . وريد بين ضلعى ( و . ب ) وريد صغير من حائط البهو الأيسر ( و . م . وريد منحرف ) هما آثار باقية للرئيسى الأمامى الأيسر الأصلى ( عن آرى ) .



شكل ٣١٩ — تكوين الوريد الأجوف الخلفى فى الانسان مبينا العمليات الجنينية التى تماثل بطريقة تقريبية التاريخ التطورى . الجهاز الرئيسى

**الأوردة الظهرية — الرئيسية والأوردة الجوفاء** : يتم التصريف الأساسى للدم من الأنبوبة الخارجية للجسم بأوعية هامة طويلة تقع فى الجهة الظهرية فوق الأمعاء والمساريقا . وهذه الأوردة فى الفقاريات الدنيا هى الأوردة الرئيسية ، وأما فى الأنواع الارقى فتؤدى تحورات كبيرة فى هذه الأوردة الى تكوين الأوردة الجوفاء .

فى جنين كل حيوان فقارى ( وفى السهم كذلك ) تظهر اوردة زوجية فى طور مبكر فى الأنسجة فوق تجويف السيلوم واحد على كل من جانبى الخط الوسطى ( شكل ٣٣١ ) ، وهذه هى الأوردة الرئيسية البدائية . وتمتد الاوردة الرئيسية الخلفية الى الأمام بطول الجذع على كل من جانبى الاورطى الظهرى الى القلب . ويبدأ زوج من الأوردة الرئيسية الأمامية كأوردة رأسية على كل من جانبى حافظة المخ المتكونة ويمران الى الخلف فى الجهة الظهرية وعلى كل من جانبى منطقة الرقبة ليقابلا مثيليهما الخلفيين . ويتكون من نقطة اتصالهما على كل جانب وعاء كبير ينحدر ليدخل الجيب الوريدى للقلب ، وهذا هو الرئيسى المشترك ( أو قناة كيوفيية ) . ويبقى هذا الجهاز الرئيسى المميز فى اغلب الأسماك اليافعة ( شكل ٣٠٦ ) ، وقد تستطيع أن تناقش تاريخ كل من أجزائه الأمامية والخلفية منفصلين .

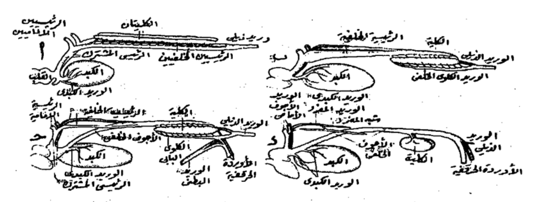
فى كل الفقاريات — ما عدا الثدييات — يبدأ الفرع الرئيسى لكل وريد رئيسى أمامى كوريد رأسى جانبى ( شكل ٣٠٧ أ — ج ) ينشأ خلف الحجاج ويستقبل أفرعا من الوجه والمخ ثم يمر الى الخلف مارا بمنطقة الاذن فى مستوى المنطقة القفوية وتسمى عندئذ بالأوردة الرئيسية الأمامية التى تستقبل فى طريقها أوردة من الأطراف الصدرية . وتستمر الأوردة الرئيسية الى الخلف فى الأسماك العالية حتى الأوردة الرئيسية المشتركة .

---

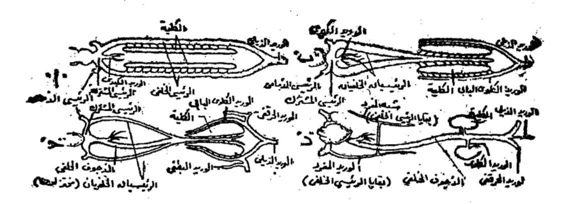
تابع شكل ٣١٩ — الخلفى مبين بالشرط . وتتكون هنا أوعية تحت رئيسية تماثل الأوردة التى تصفى الكلية عندما يتكون جهاز بابى فى القروش . فى ب هذا الجهاز الوريدى يصرف ( كما فى الأسماك الرئوية ) بفرع من الأوردة الكبدية (النقط) ويوجد جهاز ثالث من الأوردة الجنينية وهى الأوردة الفوق رئيسية (الخطوط العرضية ) ولا يوازيها تماما شىء فى التطور . ويبين اللون الأوعية التى تتكون فى الزهليات لتمر بالكلية وتحل محل الجهاز الكلوى البابى . وكما يرى فى د — يشتمل الوريد الأجوف الخلفى على أجزاء من كل هذه التراكيب (عن آرى) .

فى الأسماك الرئوية ورباعيات القدم الأوردة الرئيسية الخلفية ( كما سنرى) متحورة ومختصرة لدرجة أن الأوردة الرئيسية المشتركة هى عبارة عن استمرار للجذوع الأمامية . ومع هذا التحور تشبه الرئيسية الأمامية الأوعية المسماة بالاوردة الجوفاء الأمامية فى الثدييات وتسمى غالبا بهذا الاسم .

يوجد فى الثدييات تغيير هام فى الدورة الوريدية فى الراس ( شكل ٣١٧ د ) ويتكون جهاز جيبى داخل تجويف المخ المتسع . والدم من معظم الجزء الأمامى للراس يدخل حافظة المخ ليخرج الى الخلف كوريد ودجى سفلى ، ثم يتصل مع الأوعية الأكثر سطحية ـ الأودجة العلوية ـ لتكون الاودجة المشتركة . أما الوريد الرأسى الجانبى القديم فيفقد . وبعد اتصاله مع الوريد من الطرف الامامى يسمى هذا الوعاء فى الثدييات بالوريد الأجوف الأمامى . وبالرغم من التغيير فى الاسم فمن السهل تمييز أن الودجى المشترك والوريد الأجوف الأمامى هما الرئيسيان الاماميان فى الفقاريات الدنيا . ويوجد فى الثدييات ( بما فى ذلك الانسان ) تغيير أكثر ( شكل ٣١٨ ) يتحول به الدم من الودجى الأيسر ( أو الأجوف ) الى الجانب الأيمن ، حتى ان وعاء واحدا فقط يدخل القلب . وفى الطيور تكوين مشابه .




شكل ٣٢٠ ـ أشكال توضيحية لمنظر جانبى يبين تطور الأوردة الرئيسية الخلفية وتكوين الوريد الأجوف الخلفى . أ ـ الجلكى ( يرقة ) . ب ـ سمكة مثالية وقد حشر الجهاز الكلوى البابى . جـ ـ سمكة رئوية أو أحد رباعيات القدم البدائية ـ تكون طريق مختصر للقلب باستعمال جزء من جهاز الوريد الكبدى فى تكوين الوريد الأجوف الخلفى . د ـ الثدييات . وقد حذف الجهاز الكلوى البابى ( الأوعية على الجانب الأيمن مظللة اغمق).



شكل ٣٢١ ــ اشكال توضيحية لمنظر بطني يبين تطور الاوردة الرئيسية الخلفية وتكوين الوريد الأجوف الخلفي ــ الأطوار كما هي فى شكل ٣٢٠ .

اما قصة الأوردة الرئيسية الخلفية فاكثر تعقيدا (شكلى ٣٢٠ ، ٣٢١). تبدأ بجذعين من الاوعية الظهرية البسيطه يصفيان فى الأمام فى القلب عن طريق الرئيس المشترك ، وتنتهى فى الثدييات فى تصفية نفس المنطقة بوعاء واحد ، ولكنه معقد ، وهو الوريد الأجوف السفلى . وبين الاثنين يوجد تاريخ له اعتباره .

فى دائريات الفم ، الرئيسيان الخلفيان عبارة عن زوج من الأوعية البسيطة تستقبل الدم من الذيل والكليتين والمناسل ومن الأجزاء الظهرية لعضلات الجسم . ويستمران الى الأمام دون اعتراضات حتى منطقة الرئيسى المشترك . فى الأسماك الشبيهة بالقروش يتكون مع ذلك جهاز كلوى بابى يتعين عليه أن يبقى حتى مرحلة الزواحف . ولا يذهب الدم الآن من الجزء الخلفى للجذع والذيل مباشرة الى الأمام عن طريق القنوات الرئيسية الأصلية ، ولكنه يتحول بدلا من ذلك عن طريق شبكة من الشعيرات حول انيبوبات الكليتين حيث يستعيد سريانه الى الأمام عن طريق الأوردة الرئيسية .

فى الأسماك لحمية الزعانف ، كما يمثل بالاسماك الرئوية ، يحدث تغيير ثان يؤدى الى تكوين الوريد الأجوف الخلفى . فرع من الأوردة الكبدية من الكبد يمتد هنا الى أعلى ، تاركا ذلك العضو فى ثنية المساريقا ، الى الحائط الظهرى لتجويف الجسم ، ويتصل بالوريد الرئيسى الخلفى الأيمن . وعندما يتم هذا الإتصال يمر الدم من هذا الوريد الرئيسى فى هذه الدائرة الجديدة القصيرة الى القلب . بما أنه بعد ذلك توجد اتصالات عرضية بين هذين

الوريدين الرئيسيين فان الدم الذى يتجه الى الامام فى الرئيسى الأيسر يأخذ كذلك هذا الطريق . وتبقى القنوات القديمة فى الأسماك الرئوية والبرمائيات الذيلية ، ولكن فى الضفادع وكل الأنواع الأعلى تتلاشى هذه القنوات ( تاركة فقط قطعا مختلفة تسمى بالأوردة الفردية . والجذع الكبير الجديد من منطقة الكلية الى القلب يمكن ان يسمى حقيقة بالوريد الأجوف الخلفى .

ويبين الجهاز الكلوى البابى فى الفقاريات الأرضية بعض مظاهر الانحلال فى البرمائيات ، وتكون أكثر فى الزواحف ، ومتروكا الى درجة كبيرة فى الطيور ، ومتروكا تماما فى الثدييات . ومع هذا الترك تحدث حالة كبيرة ثالثة فى تكوين الوريد الأجوف . يمر الدم الآن مباشرة الى الامام من ظهر الجسم تاركا الكليتين وتصبح كل القناة على طول الجذع الى القلب هى وريد أجوف خلفى محدد . وهذا الوريد الوحيد الكبير فى الثدييات البالغة والطيور له تركيب بسيط مشابه . وهذا مع ذلك خداع . وتبين حكاية التطور — كما رأينا — انه ترقيع مركب من الأوردة الرئيسية الخلفية القديمة والأوعية التى تحل محلها ، وفى الامام من جزء كبير من الوريد الكبدى . ويعبد التكوين الجنينى للأوردة فى الثدييات التاريخ التطورى بطريقة ( ولو انها تختلف نوعا ) متقنة كما يرى فى شكل ٣١٩ .

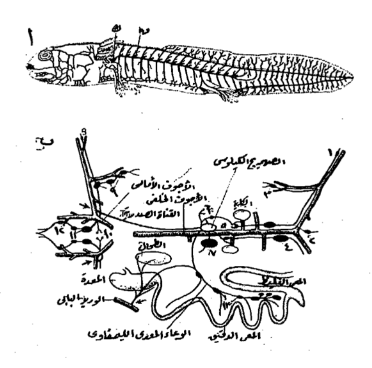
**الأوردة البطنية :** فى الأسماك الشبيهة بالقرش يوجد زوج من الاوردة البطنية تجرى الى الامام على طول البطن وعلى كل جانب آخذة الدم من عضلات الجنب ( شكلى ٣٠٦ ، ٣١٦ أ ، ٣٢٦ ) . ولا يوجد هذان فى الأسماك الرئوية فنجد بدلا من هذا الزوج من الأوعية وعاء بطنى وسطى واحد . ويبقى هذا فى البرمائيات والزواحف ، ولكن بدلا من أن يدخل القلب مباشرة يتصل مع الدم الكبدى البابى فى جيوب الكبد ( شكلى ٣٠٧ ، ٣١٦ ب ) . والمنطقة التى تأخذ منها الاوردة البطنية الدم تمتد احيانا لتشمل الأطراف الحوضية والذيل . ولا يوجد هذا الوريد فى الطيور البالغة والثدييات ، ولكن كما سنبين فيما بعد له اهمية فى الجنين حيث يمثل بالوريد السرى الهام .

**اوردة الأطراف :** فى رباعيات القدم الأطراف الصدرية والحوضية تصرف دمها بواسطة اوعية كبيرة تسمى بالأوردة الترقوية والحرقفية . ويدخل الأول الأوردة الرئيسية الامامية أو ما يحل محلها وهى الاوردة

الودجية أو الوريد الاجوف الامامى ، اما الآخر فيختلف اتصاله فى رباعيات القدم الدنيا اما مع الوريد البطنى ، واما مع الجهاز الكلوى البابى ، او مع كليهما . وفى الثدييات يكون الوريدان الحرقفيان هما العنصرين الأساسيين اللذين يتصلان ليكونا الوريد الاجوف السفلى . وتوجد فى الاسماك اوردة اصغر تختلف فى اتصالاتها تصرف الدم من الزعانف .

## الأوعية الليمفاوية

توجد فى كل الفقاريات — ماعدا مجموعة الفقاريات الدنيا — مجموعة ثانية من الاوعية تساعد الجهاز الوريدى بأن تأتى بالسوائل من الانسجة الى القلب وهى الجهاز الليمفاوى . ولو ان هذا الجهاز يوازى الاوردة فى كثير من الوظائف ( وغالبا مايوازيها طبوغرافيا ) الا أن الاوعية الليمفاوية تختلف عن الاوردة فى مسائل اعظم . والخلاف الاساسي هو ان الاوعية الليمفية لا تتصل باى حال مع الشرايين وهى تنشأ من شعيرات ، ولكن هذه اعورية عند نهايتها . ولهذا لا يوجد ضغط شريانى خلف السائل فى الأوعية الليمفية ، ولهذا كان سريان هذا السائل داخل الأوعية بصفة عامة بطيئا . وينتشر هذا المحتوى السائل — اللمف — داخل الأوعية الليمفية من عصارة الانسجة العامة ومن ثم فتركيبه يشبه بوجه عام هذا السائل كما أنه يشبه بلازما الدم ( غير ان بروتين الدم غير موجود ) . وباستثناء الكريات البيضاء التى قد تدخل بحركة اميبية لا يوجد سيلان داخلى لكريات الدم . وتوجد خلايا ليمفية كثيرة فى العقد الليمفية فى الثدييات ، ولكن هذه العقد كما أوضحنا تغيب غالبا فى مجموعات الفقاريات الاخرى . ونتيجة للضغط المنخفض الذى تحت تأثيره يسير الليمف فان جدر الأوعية حتى اكبرها رفيعة جدا ( شكل ٣٩٢ ) . ومن الصعوبة ان نجدها او نشرحها الا اذا حقنت بطريقة خاصة . ولا توجد الأوعية الليمفية فى دائريات الفم والاسماك الشبيهة بالقروش ولكنها توجد فى الاسماك العظمية كما انها ارقى نموا فى رباعيات القدم — اكثر ما تكون وضوحا فى البرمائيات . وفى هذه الطائفة يساعد فى سريان الليمف تكوين قلوب لمفية صغيرة نابضة عبارة عن تراكيب من غرفتين عادة فى النقط حيث الاوعية الليمفية تدخل الجذوع الوريدية . واكثر تكوين الاوعية الليمفية فى رباعيات القدم قد يكون نتيجة لحقيقة ان ضغط الدم فى شعيرات الجسم اعلى مما هو فى الاسماك تعطى الأوعية الليمفية جهاز ضغط منخفض نسبيا للتصريف من الانسجة .



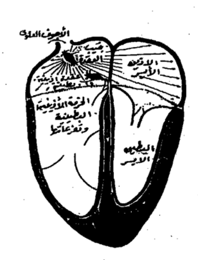
شكل ٣٢٢ ـ منظر جانبى للسلامندر يبين الاوعية الليمفية السطحية. الأوعية الطولية والظهرية والجانبية والبطنية موجودة . مجموعة من القلوب الليمفية ( ق ) موجودة على طول الوعاء الجانبى . الليمف من هذا الوعاء يدخل الدورة الوريدية من خلال كيس ابطى ( ك ) . الليمف من الوعاء البطنى يدخل من خلال كيس اربى . ب ــ شكل توضيحى للأوعية العميقة فى الجهاز الليمفى فى الفأر . النهاية الامامية على اليسار . الأوعية الليمفية سوداء والأوردة المجاورة مبينة أيضا . العقد منمرة للمناطق التى توجد بها . ١ ــ الركبة . ٢ ــ الذيل . ٣ ــ الأربى . ٤ ــ القطن . ٥ ــ الكلية . ٦ ــ عقد حول الصهريج الكيلوسى ٧ ــ عقدة معوية . ٨ ــ المرفق . ٩ ــ الابط . ١٠ ــ الصدر . ١١ ــ الرقبة . ١٢ ــ تحت فكية . ١٣ ــ عقد مساريقية . (ل) ضفيرة من الأوعية الليمفية حول اللسان والشفاه . الأسهم تبين فقط دخول الليمف الى الأوردة بجوار اتصال الودجى مع التحت ترقوى الى الوريد البابى ( عن هوير ، يودزيلا).

تشتهر الأوعية الليمفية بأنها تتكون فى الأمعاء حيث تحمل ( عن طريق المساريقا ) كثيرا من المواد الدهنية الممتصة فى سائل لبنى هو الكيموس، وفى البرمائيات توجد بكثرة، وخاصة فى الأنسجة تحت الجلدية (شكل ٣٢٢).

ولا توجد الأوعية الليمفية فى الجهاز العصبى والكبد والطحال والنخاع .
ويختلف ترتيب الأوعية الليمفية الكبرى كثيرا من مجموعـة الى أخرى .
وهى تنتهى غالبا عند مداخل الأوعية الرئيسـية أو الأوعيـــة الجوفاء . فى رباعيات القدم الارقى يصفى اغلب أو كل الليمف فى الوريد الأجوف الأمامى بالقرب من القلب ( منطقة ادنى ضغط فى الجهاز الدورى ) . وتجرى الأوعية الليمفية المعدية عادة الى اعلى الى فتات صدرية طولية والتى تكون فى البداية قناتان ولكنها تختصر فى الثدييات الى رعاء واحد .

## القلب

لايجاد دورة دموية ذات قدرة لابد من وجود نوع ما من مضخة عضلية . وللسهيم مجموعة كاملة من القلوب الصغيرة الدقيقة ، ولكن فى الفقاريات الحقيقية القلب تركيب واحد يقع فى الأمام وفى الجهة البطنية للجذع . وهو يمتص الدم الوريدى من الخلف ومن كل مناطق الجسم ويدفعه الى الأمام . أما فى الفقاريات الدنيا فانه يدفعه الى جهاز الأقواس الشريانيـة والدورة الخيشومية . ويتكون القلب أصلا من اربع غرف متتابعة هى من الخلف الى الامام : جيب وريدى وبهو وبطين ومخروط شريانى . والغرفتـان الأولى والأخيرة يفقدان ذاتيهما فى المجموعات الراقية ولكن البهو والبطين يميلان الى الانقسام .



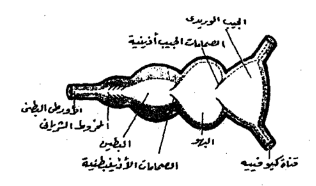

شكل ٣٢٣ ــ شكل توضيحى لقلب الثدييات مفتوح من السطح البطنى ليبين جهاز التوصيل . ( عن كارلسون وجونسون ) .

ويقع القلب فى منطقة خاصة امامية وبطنية من السيلوم ، وهى تجويف التامور المستقل عن التراكيب المحيطة به عن نقط دخول وخروج الأوعية الدموية ، ولهذا فهو قادر على تغيير شكله أثناء حركاته الدافعة الغدية . والقلب اساسا مجموعة من الاتساعات تتكون على طول الجذع الدموى الرئيسى ، ومن ثم فهو مبطن بطلائية داخلية مستمرة مع تلك التى تبطن الأوعية الدموية ويحيط بها عضلات ونسيج ضام . وتوجد من الخارج طلائية خارجية رفيعة كما هى الحال فى اى عضو آخر يقع داخل التجاويف السيلومية . والعضلات من نوع خاص مخطط ، وهى التى اشرنا الى انها تتكون من أنسجة خلاف تلك التى تكون الألياف العضلية الملساء . وهذه العضلات سميكة جدا حول البطين ( أو البطينين ) ورفيعة حول الجيب الوريدى وهو الغرفة الأولى من غرف القلب البدائى الأربع . وبين هذه الغرف فى نقط مداخل ومخارج الأوعية توجد صمامات القلب التى تشبه فى جوهرها تلك التى توجد فى الأوردة ( وكذلك فى الأوعية الليمفية ) ولكنها أقوى وذات تركيب معقدة عادة .

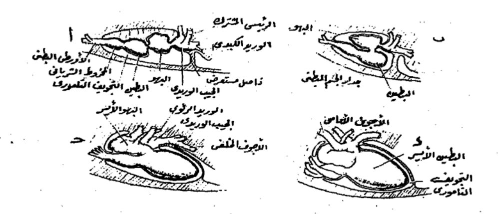
وتصل الياف من الجهاز العصبى الذاتى الى القلب ( فى الجيب الوريدى أو البهو ) وقد تؤثر فى ايقاعه ، ولكن القلب مع ذلك يعمل معتمدا على نفسه، كما يرى من ان عضلات القلب تستمر فى الانقباض المنتظم حتى ولو زرعت خارج الجسم . ويحدث الانقباض المنتظم المتتابع من الخلف الى الأمام خلال الغرف الأربع للقلب البدائى . اما فى الأنواع المتقدمة فيتم ذلك فى البهو ويتبعه البطين ، وانقباض عضلات غرفة واحدة ( مبتدئا بالجيب الوريدى ) يؤثر بالتتابع فى الألياف العضلية للغرف الباقية من القلب . وفى الرهليات ــ وخاصة فى الطيور والثدييات ــ يتكون تنظيم موصل فريد وهو الجهاز الجيبى البطينى الذى يتكون من الياف عضلية خاصة تشبه جهازا عصبيا محليا ( شكل ٣٢٣ ) . وتنبيه عقده فى الغرفة اليمنى من البهوين يجعلهما ينقبضان وتتأثر تبعا لذلك عقدة ثانية هناك ، ويحمل المؤثر عن طريق حزمة من الألياف الى عضلات البطين .

القلب البدائى : قلب الأسماك المثالية أنبوبة مفردة ، ويتكون من أربع غرف متتالية ــ ويتكون القلب فى الطيور والثدييات من أربع غرف أيضا ولكن هذه الغرف لا تشبه تلك المجموعة فى الفقاريات البدائية لأن القلب هنا عبارة عن مضخة مزدوجة بغرفتين فى كل من جزئيه . والتغيير الكبير الذى حدث فى تاريخ القلب هو نتيجة للتغيير من التنفس بالخياشيم الى التنفس بالرئات .

وفى قلب أكثر الفقاريات بدائية (شكل ٣٢٤ ، ٣٢٥ أ ) يوجد بالترتيب :
(١) جيب وريدى ، كيس ذو جدار رفيع يأتيه الدم من الأوردة الرئيسية ومن




شكل ٣٢٤ ــ منظر تخطيطى للغرف فى القلب البدائى للفقاريات .
( عن أيهل ) .




شكل ٣٢٥ ــ مناظر تخطيطية للجانب الايسر من القلب فى الفقاريات المختلفة تبين مكانه فى تجويف التامور والتغير التطورى لغرف القلب .
أ ــ حالة نظرية للأسلاف توجد متكزرة على الأخص فى الأجنة (قارن شكل ٣٢٤ ) . الغرف الأربع موجودة فى خط من الامام للخلف ــ كما أن المساريقا الظهرية ما زالت موجودة . ب ــ حالة السلاخيات . المساريقا تلاشت والبهو قد دفع الى الأمام فوق البطين ولكن الجيب الوريدى لا يزال موجودا فى الخلف . جـ ــ حالة البرمائيات الجيب الوريدى وكذلك الأوعية الدموية المصاحبة له قد تحركت الى الأمام . د ــ حالة الرهليات الجيب والمخروط الشريانى فقدا ذاتيهما . ويتصل القلب بجدر التامور من الامام فقط . ( عن جودريش ) .

الوريد أو الأوردة الكبدية . (٢) بهو ( أو أذين ) لا يزال جداره رفيعا نسبيا وقابلا للتمدد أو الاتساع . (٣) البطين ذو الجدار السميك وهو الجزء الاقوى انقباضا . (٤) المخروط الشرياني وهو ضيق ولكنه انبوبة غليظة تؤدى الى الأورطى البطنى ، وغالبا ما يكون مزودا بمجموعات عديدة من الصمامات . وفى الجنين تكون هذه الغرف الأربع مرتبة أصلا فى خط مستقيم من الخلف الى الأمام . ولكن أثناء التكوين يميل الجزء الأمامى من انبوبة القلب الى الانثناء الى الخلف والى الجهة البطنية على شكل حرف « S » . ولهذا يجمع القلب بين الطول والتركيب المدمج ( شكل ٣٢٥ أ — د ) . وكنتيجة لهذا ، تميل الغرف الخلفية — حتى فى قلب الأسماك — الى ان تقع فى الجهة الظهرية ، أو على الأقل أمام الغرف الأمامية ( وهذا يجعل رؤية تركيب القلب صعبا . وفى الصورة ( كما فى شكل ٣١١ ) يرسم القلب غالبا كأنما شد الى ترتيبه الجنينى الطولى ) .

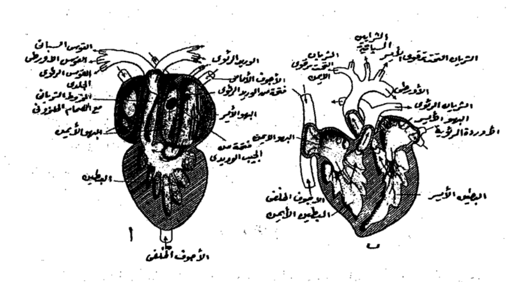
**تطور الدورة المزدوجة فى القلب** ( قارن شكل ٣١١ ) يوجد فى اغلب الأسماك هذا النوع من القلب البدائى الذى شرح من قبل . اما فى الأسماك الرئوية — والى درجة كبرى فى البرمائيات — تنشأ الصعوبة العظمى عندما تحل الرئات محل الخياشيم كأعضاء للتنفس . يستقبل القلب الدم الآن من نوعين مختلفين : دم منهك من الجسم ودم نقى مؤكسج من الرئتين . ولا بد ان يبقى هذان النوعان من الدم منفصلين الى ابعد ما يمكن ويرسلا الى مكانين مختلفين — الدم الوريدى الى الرئتين والدم المؤكسج الى الجسم — بواسطة جذوع شريانية منفصلة . ولكن كيف نحافظ على انفصالهما فى طلمبة برميلية واحدة ؟

ولم يتوصل الى الحل الصحيح لهذه الصعوبة الا عند الوصول الى مرحلة الطيور والثدييات ، ولكن الأسماك الرئوية قد وصلت الى بعض النجاح فى اتجاه فصل تيارى الدم . وحتى فى الأسماك الرئوية لا يدخل الوريد الرئوى الجيب الوريدى كما تفعل الأوعية الوريدية . وهنا فى البرمائيات ( شكل ٣٢٦ أ ) ينقسم البهو الى نصفين ويدخل الوريد الرئوى الى النصف الأيسر . اما الدم الوريدى المنهك فيدخل النصف الأيمن من البهو . والجيب الوريدى الذى يؤدى الى هذه الغرفة يقل فى الحجم فى بعض البرمائيات ( اللاذيلية ) ويندمج مع البهو فى الزحليات .

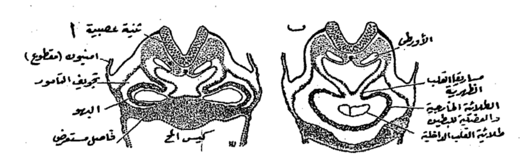
ولكن انفصال البهو يصبح عبثا اذا كان تيارا الدم يتقابلان ويمتزجان فى البطين . وبطرق مختلفة من التكيف فى الأسماك الرئوية والبرمائيات يمنع

الاختلاط التام بين الاثنين ، ولكن كثيرا من الاختلاط يحدث مع ذلك . وفى الرهليات فقط يصبح التياران منفصلين تماما بانقسام البطين كما ينقسم البهو الى جزئين . وفى اغلب الزواحف يوجد حاجز بطينى ولكنه غير تام ، ولذلك لا يزال يحدث بعض من الاختلاط . ولو أن الفاصل البطينى تام فى التماسيح الا انه لا تزال توجد فرجة فى قاعدة المخروط الشريانى . ويشاهد بعض الميل الى انقسام المخروط فى رباعيات القدم وحتى فى الاسماك الرئوية، ويتم هذا الانقسام فى الطيور والثدييات ويعمل المخروط كتركيب مستقل وفى نهاية الحلقات التطورية ينفصل تيارى الدم تماما ( شكل ٣٢٦ ب ) .

وادخال الرئة في الدورة الدموية فى الأسماك المتقدمة يبعد النظام البسيط لقلب الفقاريات البدائية من الترتيب العام ويؤدى الى المشكلة التى واجهت الفقاريات المتقدمة والتى وجدتها صعبة الحل . ولم تحل الاسماك الرئوية والبرمائيات والزواحف حتى يومنا هذا المشكلة تماما ، ولو أن الحل الجزئى كان كافيا ليسمح لها بالبقاء حتى اليوم . اما الحل الكامل والانفصال التام فى الدورتين فنجده فى الطيور والثدييات فقط . والنتيجة التى تصل اليها عجيبة فى قدرتها . فالمضخة المفردة للقلب الأصلى قد أصبحت مضخة مزدوجة ويؤدى كل نصف من القلب واجبه المحدد بقدرة وكفاية .




شكل ٣٢٦ ــ شكل توضيحى لقطاع فى القلب فى أ ــ الضفدعة ب ــ حيوان ثديى مثالى ( جزئيا عن جيمس ) .



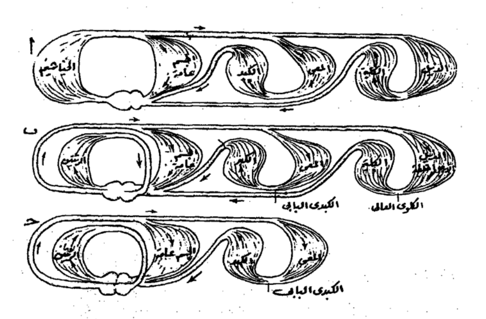

شكل ٣٢٧ ــ قطاعات عرضية فى جنين ثديى تبين مرحلة مبكرة فى تكوين القلب وذلك قبل التحام الوريدين تحت المعويين والذى منهما يتكون القلب . فى منطقة البهو أ ــ لا يزال الاثنان بعيدى الانفصال . ثم الى الأمام فى منطقة البطين ب ــ الأنبوبتان متقابلتان داخل كيس تامورى واحد ولكنهما لم يلتحما بعد . ( عن آرى ) .

**تكوين القلب :** لقد أشرنا الى أن أول الأوعية الدموية تكوينا فى الجنين هو وريد تحت معوى يمر الى الأمام من المعى الى منطقة القوس الخيشومى . ويتكون القلب على طول هذا الوعاء . وفى الأنواع ذات المح الكثير خاصة والتى لا يكون فيها للحيوان فى البداية سطح بطنى قد يبقى هذا الوعاء طويلا فى الجنين على شكل زوج من الأوعية المحية . والمنطقة النابضة التى ستكون القلب قد تكون أولا تركيبا مزدوجا ( شكل ٣٢٧ أ ) . ويتكون حول أنبوبة القلب جزء من التجويف السيلومى ، ويحدث فى كل الفقاريات الانحناء الشبيه بحرف S لأنبوبة القلب ثم انقسامها الى مجموعة من الغرف ، ويتقدم التكوين خطوات أخرى فى الفقاريات العليا مع الانقسام التدريجى للبهو والبطين يندمج البهو والمخروط الشريانى فى هذه الحيوانات . وهذه الأطوار كما نراها فى الثدييات تعيد المعالم الأساسية للتاريخ التطورى لقلب الثدييات .

## دورة الدم

قد وصفنا فى الأجزاء المتقدمة من هذا الفصل الدورة الدموية جزءا جزءا . وسنختصر هنا التاريخ التطورى العام للدورة ككل مع الاشارة الخاصة الى ضغوط الدم والشباك الشعرية ( شكل ٣٢٨ ) .

وكما هى الحال فى مرور اى سائل داخل الانابيب يميل احتكاك السائل مع الجدر الى تقليل الضغط الذى تعطيه « المضخة » والشعيرات بالطبع هى الأجزاء من الجهاز التى يكون هبوط الضغط فيها أعظم . وفى الأسماك عامة فان كل نقطة من الدم تترك القلب لا بد وأن تمر على الأقل من خلال جهازين من الشعيرات قبل أن تعود ثانية للقلب أولهما فى الخياشيم وثانيهما فى الأنسجة العامة للجسم . ومع ذلك فكثير من الدم لا بد أن يمر من خلال شبكة شعيرية ثالثة ، لأن الدم الذى يذهب الى الأمعاء لا بد وأن يمر من خلال الجهاز الكبدى البابى ، وذلك الذى يذهب الى الذيل لا بد عند رجوعه من المرور خلال الجهاز البابى للكلية . ومن ثم فان طبيعة الدورات الدموية فى الأسماك لا بد وأن تعمل عملا شاقا لتحافظ على ضغط الدم . وعند دخول الدورة الرئوية والاستغناء عن شعيرات الخياشيم فى رباعيات القدم



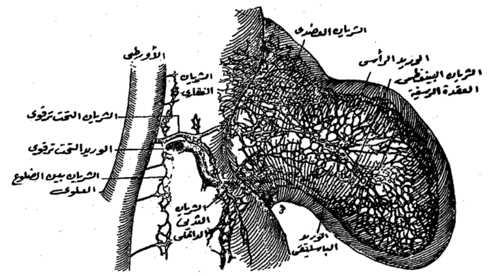

شكل ٣٢٨ ــ شكل توضيحى للطبيعة العامة لدورات الدم وشبكة الشعيرات التى تقابلها فى أ ــ سمكة مثالية . ب ــ برمائى ارضى او زاحف مع حذف دورة الخياشيم وادخال دورة الرئات ــ جـ ــ طائر او حيوان ثديى مع حذف الجهاز الكلوى البابى .

اليافعة نجد أن قدرة الدورة قد تقدمت كثيرا . ويصل الدم الى كل انسجة الجسم مباشرة مع فقد قليل من الضغط . ويقابل الدم فى رباعيات القدم الدنيا بجهازين شعيريين فقط لا ثلاثة ، وذلك عندما يعبر الجهاز الكبدى

البابى او الجهاز الكلوى البابى ، أما دورة الجسم العامة فتمر بشبكة شعيرية واحدة بدلا من اثنين . واحلال الرئات مكان الخياشيم أدى على طول المدى، لا الى تكوين قلب متقدم فقط ، ولكن أيضا الى جهاز دورى أكثر قدرة على العموم . وباختصار الجهاز الكلوى البابى فى الرهليات تزداد قدرة الجهاز الدورى . وفى الطيور والثدييات الدورة الدموية المعوية فقط هى التى تعانى من شبكتين شعيريتين .

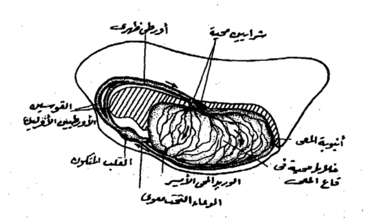
## الدورة الجنينية

دكرنا فى الأجزاء المتقدمة من هذا الفصل تكوين هذا الوعاء او ذاك فى الجنين . ولما كان بعض الاعادة ضروريا فنحاول هنا الحصول على صورة عامة عن تكوين الجهاز الدورى مع الاهتمام ببعض الأوعية غير الموجودة فى الحيوان اليافع ولكنها ضرورية فى التراكيب الجنينية فى الأنواع التى لها بيض كثير المح . ولا بد أن نؤكد هنا ان الجهاز الدورى لا يمكن أن يتكون فى الجنين فقط ليؤدى الى تكوين تركيب يافع ولكنه لا بد وأن تكون له قدرة وظيفية فى كل لحظة من كل مرحلة جنينية او يرقية . وعلى العموم أيضا نلاحظ فى مناطق عديدة ( كما فى الأطراف شكل ٣٢٩ ) تتكون الدورة اولا على صورة شبكة منتشرة تتكون منها الأوعية الكبيرة فقط فى حالة متأخرة .

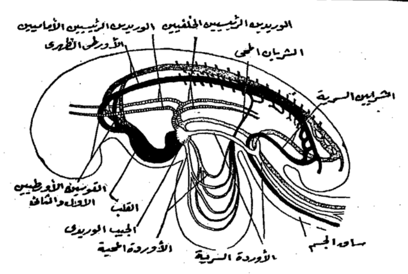



شكل ٣٢٩ ــ طور مبكر فى تكوين الطرف الامامى فى جنين الخنزير مبينا طريقة تكوين نظام الدورة فى الطرف . توجد شبكة من الأوعية الصغيرة المتشابكة والتى منها ستتكون الأوعية الأساسية فى الحيوان اليافع . واختيار قناة ما او غيرها يسمح بحدوث شواذ مختلفة . ( عن دولارد ) .

واكثر النماذج الجنينية الشائعة هو ذلك الموجود فى الأنواع مثل الأسماك الرئوية والبرمائيات ( شكل ٣٣٠ ) الذى لا تنعقد الصورة فيه بوجود مح زائد أو اغشية اضافية . واغلب الغذاء الذى يجب أن يعتمد عليه الجنين قبل ان يستطيع الاغتذاء موجود فى الخلايا المحية بقاع المعى ، والاوعية الأولى التى تنشأ هناك تكون زوجا من الأوردة المحية التى تتحد فى الأمام مكونة وعاء تحت معوى . وعلى طول هذا الوعاء يتكون القلب ويصبح الجزء الأمامى منه الاورطى البطنى . اما جزء الوريد تحت المعوى خلف القلب فتغزوه بعد ذلك أنسجة الكبد ، وينقسم هذا الوعاء الى وريد أو أوردة كبدية فى الامام ، ووريد كبدى بابى فى الخلف ، مع مجموعة من الجيوب الكبدية بين الاثنين . وفى النهاية الأمامية للجسم ينقسم هذا الجذع لينحنى الى أعلى على كل من جانبى السيلوم ليكون أول الأقواس الشريانية . وقد شرحنا من قبل التكوين المتتابع للأقواس الأخرى التى تتكون فى الخلف يصحبه اختفاء طبيعى للأقواس التى تكونت اولا . وفى الجهة الظهرية يستمر أكثر سريان الدم فى الجنين المبكر الى الخلف ليكون الأورطى الظهرى وهو زوجى فى جزئه الأمامى ، ولكنه يكون فرعا واحدا وسطيا فى الخلف تحت الحبل الظهرى وفوق انبوبة الأمعاء والسيلوم . ويمر كثير من دم الأورطى الى اسفل فى الشرايين المحية ــ وهى التى تماثل عامة الشريان البطنى والمساريقى فى الحيوان اليافع ــ ليصل مرة ثانية الى قاع المعى ، وليكمل الدورة البدائية .




شكل ٣٣٠ ــ شكل توضيحى للدورة الدموية العامة فى أبى ذنيبة صغير . الأمداد الدموى لا يزال فى خلايا المعى المحملة بالمح والدورة المخية ذات اهمية عظمى .

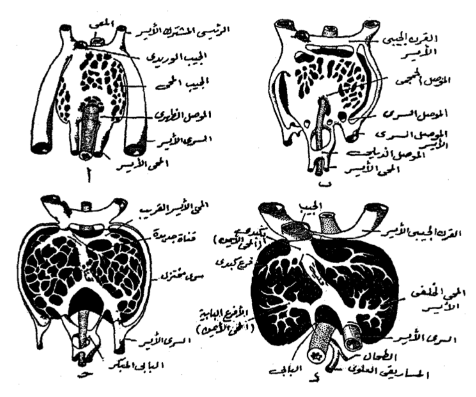


شكل ٣٣١ ـ الأوعية الدموية فى جنين ثديى ( عن آرى من فليكس ) .

ولكن جزءا من هذا الدم الشريانى لا يسير فى هذا الطريق ، ولـكنه بدلا من ذلك يترك الاورطى ليمد عضلات جدار الجسم النامية والجهـاز العصبى والتراكيب الأخرى للأنبوبة الخارجية للجسم . ولا بد أن يتكـون جهاز عودة لهذا الدم . ويتم هذا بتكوين زوج من الأوردة الرئيسـية ( شكل ٣٣١ ) التى تتكون على طول الجسم والرأس ، واحد على كل من جـانبى الاورطى الظهرى .

وفى نقطة فوق القلب يرسل كل وعاء فرعا هو الرئيسى المشترك على طول جدار الجسم ليصل الى القلب . وفى كل الفقاريات التى هى أعلى من مستوى دائريات الفم يتكون الجهاز الكلوى البـابى فى الحـال باعتراض الرئيسـيين الخلفيين . وهكذا يتكون نظام عام للدورة الدموية التى تحتاج فقط الى اضافات قليلة ذات أهمية ما للوصول الى الحالة اليافعة الا من حيث ادخال دورة من والى الرئتين فى الانواع التى بها هذه الرئات ، وكذلك لتكوين دورة الأطراف .

ووجود كمية كبيرة من المح وتكوين كيس المح فى الأسماك الشبيهـة بالقرش والرهليات يعطى مظهرا مختلفا الى الدورة الجنينية ( شكل ٣٣١ ) . والنظام الأساسى هو مع ذلك نفس ما ذكر من قبل . ولا يقع المح المغذى الآن فى قاع انبوبة أمعاء مغلقة ولكنه يوجد داخل كيس كبير مغلق . وكنتيجـة لهذا فان الأوردة المحية ارقى تكوينا وتنشأ فوق سطح كيس المح الممتد . اما الشرايين المحية فهى كذلك متكونة وتمتد الى الخارج على هذا الـكيس موازية للأوردة .



شكل ٣٣٢ ــ شكل توضيحى لمنطقة الكبد فى جنين انسان فى أطوار متتابعة ( ٥ر٤، ٦ر٥ ، ٩ مم فى الطول ) . كما ترى من السطح البطنى تبين التغيرات التكوينية فى الأوردة المحية والسرية ( أنبوبة الأمعاء منقطة ) . فى أ ــ الأوعية المحية من كيس المح جيدة التكوين وتمر خلال انسجة الكبد . فى ب ــ د ــ يرى تحولها الى جهاز بابى . الأوردة السرية ( من المشيمة ) متكونة تماما فى أ ولكنها تسير مباشرة الى الجيب الوريدى . فى الأطوار المتأخرة يحول سريان الدم هذا الى دورة الكبد ، ويمر كثير منه من خلال هذا العضو عن طريق القناة الكبدية . الوريد السرى الأيمن ضامر ، ويبقى الأيسر حتى الولادة عندما يصبح هذا الوعاء والقناة الكبدية ضامرين .
( عن آرى ) .

وتسبب اضافة الالنتويس فى الرهليات تعقيدا أكثر فى هذه الصورة . ففى الزواحف والطيور يكون هذا الالنتويس ( مع الكوريون ) عضــو تنفس وتتكون الأوعية فى ساق الالنتويس للأمداد الدموى الضرورى . وهذه هى الشرايين والأوردة الالنتويسية ويطلق عليها عادة اسم الأوعية السريــة فى الدراسات الثدية ، حيث انها الأوعية الهامة فى الحبل السرى للجنــين . وتنحدر الشرايين الالنتويسية من خلال جدر الجسم الى الساق الالنتويسية

من النهاية الخلفية للاورطى الظهرى . والأوردة المماثلة ( والتى قد تندمج فى اغلب طولها ) لا تتصل مع ذلك بالدورة تحت المعوية كما قد ينتظر . وبدلا من ذلك فهى تسير الى الأمام فى الجدار الجانبى للجسم على كل جانب ، ومن ثم فهى تشبه الأوردة البطنية للقرش . وتدخل هذه الوعاء الرئيسى المشترك او الجيب الوريدى مباشرة فى الاطوار المبكرة ( شكل ٣٣٢ أ ) . وتلتف اخيرا ، مع ذلك ، الى أعلى لتمر من خلال انسجة الكبد ، ويظهر أن جيوب الكبد غير قادرة على العناية بتدفق كل الدم . وكثير منه قد يمر فى الجنين من خلال انسجة الكبد عن طريق قناة كبيرة ( شكل ٣٣٢ جـ ، د ) . وفى الثدييات لا تحمل هذه الأوعية نفسها الاكسجين فقط ، ولكنها تحمل أيضا الغذاء من المشيمة ، ومن ثم كانت ذات اهمية كبرى .

وفى كل الأنواع التى لها كيس مح فان الاوعية المحية التى تأتى منها تمتص عندما تستهلك كل محتويات الكيس . وفى الثدييات المشيمية ـ كما اشرنا ـ لا يحتوى كيس المح على مح وتختفى الأوعية المحية فى مرحلة مبكرة. وعند الفقس أو الولادة تختفى كذلك أيضا الأوعية الانتويسية ( أو السرية).

وبين رباعيات القدم يوجد تغيير واضح فى الدورة نتيجة لتغير مصدر الاكسيجين عندما تعمل الرئتان ـ عند التحور او الفقس أو الولادة . وحتى هذا الوقت يدور الدم قليلا فى الاوردة أو الشرايين الرئوية . وقد أوضحنا انه فى الجانب الشريانى من الدورة يسمح بقاء القناة الشريانية للدم فى القوس الرئوية بعدم المرور الى الرئة . واذا كان البهوان فى الرهليات منفصلين فى الجنين ( كما هى الحال فى الحيوان اليافع ) بحاجز ، اذا لبقى الجانب الأيسر من القلب فارغا حيث لا يدخله دم من الأوردة الرئوية . ويترتب على هذا وجود فجوات البطين(١) فى قلب الجنين ، حتى فى الطيور والثدييات ، وعندما تبدأ الرئتان فى اداء وظيفتها يحدث انحراف فى هذه المعالم بصورة سريعة وفعالة اذ تقفل القناة الشريانية ، ويمر التيارالرئوى بأكمله خلال الرئتين ثم يعود الى القلب ، وزيادة على ذلك تسد سريعا الفتحات فى الحاجز الواقع بين البطينين(٢) فى الطيور والثدييات .

(١) هذه الفجوات توجد فى الجدار بين الاذينين لا كما ذكر المؤلف . (المترجم)

(٢) تقفل بسرعة الفتحات الموجودة فى الحاجز الاذينى لا الحاجز بين البطينى كما ذكر المؤلف . ( المترجم )

الفصل الخامس عشر

# أعضاء الحس

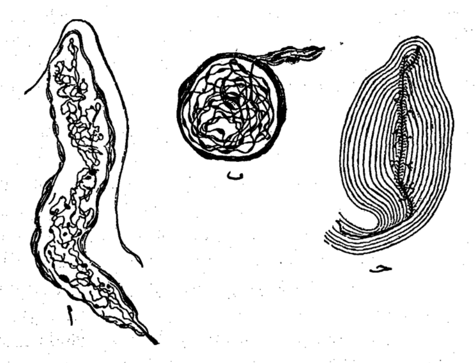
كل الخلايا ـ كما يعتقد أى شخص ـ قادرة على الاستقبال والاستجابة للمؤثرات التى تقاس بها ـ هكذا نقول ـ بعض ظروف الوسط او التغييرات التى تحدث فى مثل هذه الظروف . ومع ذلك فان الاستجابة الحقيقية فى أى حيوان لأى مؤثر حسى هى تلك التى يمكن أن تؤدى بمنطقة بعيدة فى الكائن الحى ، أو بالكائن الحى كله . ويصبح استقبال هذه المؤثرات عبثا الا اذا كانت هناك ممرات توصل بين المستقبل الحسى والأعضاء ـ عضلات أو غدد ـ التى تقوم بالاستجابة المناسبة . وقد تتم هذه الاتصالات بتأثير هرمونى ، ولكن التركيب الآلى المستعمل بوجه عام يقوم به الجهاز العصبى . ولو أن إطراف الألياف العصبية نفسها قادرة على الاثارة المباشرة الا ان استقبال الاحساسات فى الفقاريات غالبا يكون هو وظيفة خلايا حسية خاصة تجمع عامة فى أعضاء يختلف من بسيطة الى معقدة جدا فى التركيب . وهذه مُهيأة لاستقبال مؤثرات طبيعية او كيماوية من انواع خاصة ، مرتبطة بأعصاب تنقل هذه المؤثرات الى مراكز خاصة فى المخ أو فى الحبل الشوكى .

ويقسم علماء التشريح مثل هذه الأعصاب الحسية فى طبيعتها الى مجموعتين : اعصاب حسية جسيمة ، وهى التى تحمل النبضات الحسية من النوع الذى يصل فى أنفسنا الى مستوى الشعور من الانبوبة الخارجية للجسم ـ الجلد واسطح الجسم والعضات ، وثانيا الأعصاب الحسية الحشوية وهى التى من النادر أن تصل نبضاتها الى شعورنا وتنشأ هذه من الأحشاء . ويقسم علماء الفسيولوجيا عادة المستقبلات الحسية بطريقة تناسب النظام العصبى . فالتراكيب الحسية فى الجلد والحواس الخاصة التى تستقبل الاحساسات من الوسط الخارجى تسمى المستقبلات الخارجية . أما التى تقع فى العضلات الارادية المخططة والأوتار فهى مستقبلات الحس الخاصة . واخيرا المستقبلات الداخلية وهى تلك التى تقع فى الأعضاء الداخلية . ويتصل الاولان من هذه الأنواع الثلاثة تماما بالجهاز الجسمى من الأعصاب الحسية ، اما الثالث فيتصل بالجهاز الحسى الحشوى كما يسميه علماء التشريح .

## أعضاء الحس البسيطة

ومن كل الاحساسات احساس واحد – وهو الخاص بالألم – يظهر انه لا يحتاج الى عضو خاص لاستقباله ، ولكنه قد ينتج من التأثير فى نهايات ألياف الأعصاب الحسية . وفى الفقاريات الدنيا خاصة قد تستقبل الاحساسات البسيطة الأخرى مباشرة والى درجة ما عند اثارة نهايات الأعصاب .

**الكريات الحسية :** فى كل الفقاريات ، وأكثر وضوحا فى الثدييات ، تستقبل الاحساسات المختلفة بتراكيب حسية صغيرة ميكروسكوبية الحجم عادة ، وتوجد فى أى جزء من أجزاء الجسم – فى الجلد والعضلات او الأحشاء – وهى نادرة فى الفقاريات الدنيا ، ولكنها كثيرة فى الطيور والثدييات . ويختلف تركيبها ومظهرها كثيرا ( شكل ٣٣٣ ) . ومن الصعب طبيعيا تحديد الوظائف الخاصة بأى من هذه التراكيب ، ولكن يظهر من




شكل ٣٣٣ – بعض أنواع الأعضاء الحسية من الأنسجة الثديية .
ا – كرية لمس ( كرية ميسنر ) من النسيج الضام للجلد . ب – البصلة النهائية لكراوس حساسة للبرد . جـ – كرية باكينى التى تسجل الضغط والشد ( عن رانسون بعد دوجيل )

خبرتنا أنه توجد على الأقل أربعة أنواع من الاحساسات البسيطة التى من الممكن أن تسجلها مثل هذه الأجسام ، وهى : الدفء ، والبرودة ، واللمس ، والضغط . ومستقبلات الحس الخاصة كما يسميها علماء الفسيولوجيا تضم هذه المغازل العضلية ( شكل ٢٢٤ ) والمغازل الوترية وفى طوائف الفقاريات الدنيا قد تلتف نهايات الألياف العصبية حول كل ليفة عضلية أو قد تنتشر بين ألياف الأوتار ، وتوجد فى الثدييات مستقبلات خاصة ، وهى المغازل التى تتكون



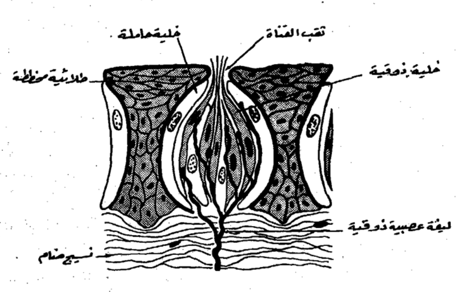

شكل ٣٣٤ ـ مغزل عضلى .
( عن وندل ) .

من مجموعة من الألياف العضلية الصغيرة والمحاطة بنهايات عصبية معقدة ويضمها غلاف . وهذه المستقبلات هى مركز « الحس العضلى » . ولا تسجل فقط حالة تقلص العضلات المعينة ولكنها تعطى ( بطريقة مذهلة ) بيانات عن مكان الأجزاء المختلفة من الجسم فى الفراغ ـ وهى بيانات ـ كما نعلم نحن أنفسنا ـ يمكن أن تعرف من غير مساعدة تراكيب حسية أخرى ، ولكنها محددة بدقة ( فى غياب الملامسة مع الأجسام الأخرى ) فى أجزاء من الجسم التى تحتوى على عضلات مخططة أو أوتار .

**حاسة الذوق :** وبعكس الاحساسات البسيطة التى ذكرت من قبل فان حاستى الذوق والشم هما استجابتان لمؤثرات كيماوية ، ويستقبل الاحساس الأول ببراعم الذوق ، وهى مجموعات برميلية الشكل صغيرة من الخلايا الطويلة الغائرة داخل طلائية ( شكل ٣٣٥ ) . وضلوع البرميل هى الخلايا الدعامية وتوجد الخلايا الخاصة بالذوق فى الوسط ، وهى خلايا طويلة تحمل أسطحها الحرة استطالات تشبه الشعر . وبراعم الذوق فى معظم الحيوانات محصورة فى الفم ، وفى الثدييات مركزة فى اللسان ، وقد تكون أكثر اتساعا فى الانتشار ، وقد توجد فى الجلد فى الأسماك والبرمائيات .

وفى الأسماك القطبية – على سبيل المثال – قد تنتشر على كل سطح الجسم معطية ظاهرة قد تكون سارة ( أو غير سارة ) من الاحساسات الذوقية . ولا بد أن نذكر أن كثيراً مما نظنه عادة كاحساس ذوقى هو فى الحقيقة شم لمحتويات الفم ( الأغذية لا تذاق كما يحدث عندما يقفل الأنف برد فى الراس ) . وتتشابه كل براعم الذوق فى المنظر ، ولكن يظهر أن هناك اربعة انواع من ناحية الإستقبال تعطى احساسا بالملوحة والحموضة والمرارة والحلاوة .

وفى الاقسام التالية وصف للتراكيب الحسية المعقدة والأكثر شهرة فى الفقاريات ، وهى : الأنف ، والأذن ، واعضاء الخط الجانبى فى الأسماك . ومن المحتمل جدا مع ذلك وجود عينات من تراكيب حسية أخرى وخاصة فى الفقاريات الدنيا تستجيب لانواع من مؤثرات غير شائعة بيننا ، ومن ثم يصعب علينا فهمها . واحد هذه التراكيب والذى ليس لدينا تفاصيل عنه يقع فى العضو الحفرى فيما يسمى بالافاعى ذات الحفر ، وهو يقع بين العين والأنف وممتلىء بانسجة وعائية ونهايات عصبية . وهذه الحفرة ذات حساسية عالية لحركة اى جسم ساخن من اى نوع قد يمر بجانبها . وهذه الحساسية مفيدة جدا لحيوان مثل الثعبان ذو الجرس الذى يعيش على اصطياد الحيوانات القارضة ذات الدم الحار وهو غير مزود ايضا باعضاء حسية عادية .



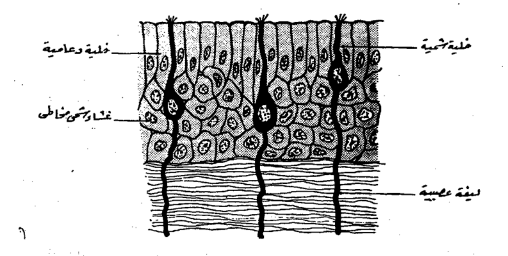

شكل ٣٢٥ – قطاع ميكروسكوبى فى برعم ذوقى ( من دى كورى ) .

## الأنف

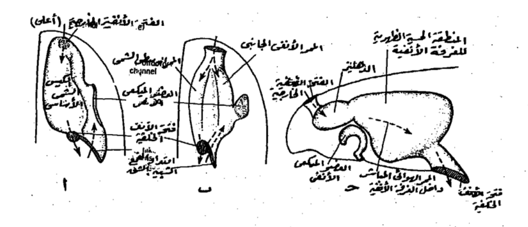
أصبح الأنف فى رباعيات القدم متصلا بالتنفس ولو ان وظيفته الأولية فى الشم أى تمييز الكميات الدقيقة من الحبيبات الكيموية التى تستقبل من المواد على مسافات ، ثم تصنيف هذه الاحساسات الى أصناف مختلفة، وهى لا تزال غير مفهومة جيدا . والشم فى بعض مجموعات الفقاريات غير مهم نسبيا ، وهو على العموم ليس ذا تكوين عال فى الأسماك كاملة التعظم وضعيف فى معظم الطيور وفى الثدييات البحرية والرئيسيات العليا بما فيها الانسان . ومع ذلك ففى الفقاريات عموما يكون الشم فى كثير من الوسائل أهم الحواس كلها . وكشهادة على أهميته الحقيقية كما سنرى فيما بعد تنشأ أحسن المراكز تكوينا فى المخ فى منطقة تتصل أولا بالشم .

وتتكون التراكيب الانفية فى أغلب الأسماك من زوج من الجيوب تقع فى مقدمة الرأس ، مع عدم وجود فتحة أنفية داخلية تؤدى الى الفم ، ولكل جيب فتحتان مفصولتان اما جزئيا واما كليا تسمحان بمرور الماء من خلال التجويف الذى تحتهما . وفى أغلب الأسماك العظمية يكون المنخاران جانبى الوضع ، أما فى القروش فيقعان تحت البوز . وتوجد فى الكيس الشمى ثنيات طلائية كثيرة تتكون من خلايا عمودية بسيطة تحتوى على خلايا شمية يتخللها عناصر دعامية ( شكل ٣٣٦ ) . وعلى السطح الخارجى تحمل كل خلية شمية فرشة مشععة من الزوائد الحسية القصيرة الشبيهة بالشعر . وتختلف هذه الخلايا عن اى مستقبل فقارى آخر فى صفة واحدة مميزة من المحتمل ان تكون بدائية جدا . فكل المستقبلات الأخرى تعتمد على الياف عصبية تنقل الى الداخل الاحساسات المستقبلة ، أما الخلايا الشمية فعلى العكس من ذلك تعمل عملها بنفسها ، اذ تمتد « ليفة » طويلة من الخلية نفسها الى الداخل حتى المخ .

وتقدم الفقاريات عديمة الفكوك لغزا محيرا . فعلى العكس من كل الفقاريات الحية يكون عضو الشم فى دائريات الفم كيسا وسطيا واحدا يفتح على طرف البوز ( الجريثات ) أو على قمة الراس ( الجلكى ) ،وكميزة أخرى يتصل هذا الكيس بالكيس النخامى ( أشكال ١٧ ، ٢٣١ ، ٢٤٧ ) . وهل هذه الحالة بدائية أو متخصصة ؟



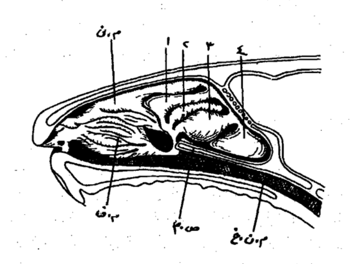

شكل ٣٣٦ — قطاع فى المخاطية الأنفية ( عن دى كورسى )




شكل ٣٣٧ — ا — منظر بطنى للجزء الأمامى للجانب الأيسر لمنطقة الحنك فى السلامندر ( تريتون ) يبين الممرات الانفية مجسمة وما يتبقى من تراكيب شفافا قارن شكل ٨ ( ١٢٠ ا ) . ب — منظر مشابه للضفدع ( بايبا ) . جـ — قطاع طولى فى منطقة الأنف فى سحلية أيمن الخط الوسطى قليلا ليبين تجاويف الانف . كان العضو الميكعى الأنفى جيبا جانبيا من الممرات الأنفية الاساسية فى جنين السحلية كما فى البرمائيات . فى الحيوان اليافع (كما فى كثير من الثدييات ) انفصل هذا العضو ليفتح مستقبلا فى سقف الفم بقناة أنفية حنكية . تبين الأسهم اتجاه تيار الهواء الى الداخل فى كل الاشكال وكذلك اتجاهه الى الخارج الى العضو الميكعى الأنفى فى البرمائيات ( ا عن ماتثس ، ب عن بانكروفت ، جـ عن ثيديج ) .

أى الاجابتين غير واضحة أيضا . ففى بعض ( وليس كل ) الفقاريات الأقدم المتحجرة يقارن المنخار بذلك الموجود فى الجلكى ، ومن جهة اخرى فان منخار الجلكى يوجد فى مكان عادى اقرب الى الجهة البطنية فى الجنين ، ويتكون من فصين ، ولو انه غير مزدوج تماما فى يرقة الجلكى .

وفى الأسماك فصية الزعانف المثالية نشأ نوع من المنخار بفتحة تؤدى الى سقف الفم كما تؤدى الى الخارج أيضا . ويستعمل هذا الممر كموصل للتنفس فى رباعيات القدم . وهنا يمتلىء الكيس الشمى بالهواء أكثر من الماء ، ولكن الغدد الأنفية والسوائل التى تأتى من العين عن طريق القناة الدمعية تحفظ الطلائية الحساسة رطبة وقادرة على أداء وظيفتها . وفى هذا النوع الجديد من الجهاز الأنفى يكون التركيب فى بدايته بسيط . وفى البرمائيات ( شكل ٣٣٧ أ ، ب ) تؤدى فتحة انفية خارجية الى كيس طويل نوعا ما ، وتوجد فى الجهة الخلفية البطنية فتحة كبيرة هى فتحة الأنف الخلفية أو الفتحة الأنفية الداخلية التى تفتح مباشرة من هذا الكيس الى الجزء الأمامى من سقف الفم ، اما السطح الداخلى لهذا الكيس فهو أملس تقريبا وجزء من بطانته هى الحسى فقط .




شكل ٣٣٨ ــ قطاع فى المنطقة الأنفية لخنزير غينيا على يمين الخط الوسطى قليلا يبين تكوين المفاتيل بما فى ذلك المفاتيل الفكية : م . ف والمفاتيل الأنفية : م . ن والمفاتيل الشفوية من ١ ــ ٤ وممر فتحة الأنف الخلفية : م . ن . خ ، والصفيحة المستعرضة : ص . م . تفصل المنطقة الحسية للتجويف الأنفى عن الممر الأنفى الحلقى ( عن كيف ) .

وفى الزواحف المثالية تبدأ منطقة الانف فى أن تصبح تركيبا أكثر تعقيدا ( شكل ٣٣٧ جـ ) . فالممر الهوائى اطول ويوجد عادة دهليز صغير ولكنه متميز فى الأمام ، وتنحصر الطلائية الحسية فى الجزء العلوى من الغرفة الأساسية . ويتكون هنا من الحائط الجانبى واحد أو أكثر من النموات الداخلية الملتوية كحلزونات أو مفاتيل تزيد من مساحة المنطقة الطلائية . وفى بعض أنواع السلاحف المائية ، وكما قلنا من قبل يوجد بعض تكوين لحنك ثانوى يستطيل جدا فى التماسيح مصحوبا بتكوين انبوبة فوقه تؤدى الى الخلف من الغرفة الافقية . ويظهر أن الشم قليل الأهمية فى الطيور عامة والتركيب الأنفى مبنى على النظام العام للزواحف وهو معتدل الحجم .

وتصل التراكيب الأنفية الى اقصى تكوينها فى الثدييات ( شكل ٢٠٩ ، ٢٣٨ ) وفى الأعضاء المثالية للثدييات ( الرئيسيات العليا شواذ ) قد تصل الغرفة الانفية الى الخلف حتى حجاج العين لتشغل أكثر من نصف طول الجمجمة . والحلزونات عالية التكوين عادة وتزيد من المساحة الشمية فى الجزء العلوى من الغرفة وتعمل كمرشحات للهواء ومكيفة له فى ممره المباشر تجتها . وتوجد خلف الغرفة الأصلية قناة كما فى التماسيح هى القناة الأنفية البلعومية التى يمر فيها الهواء فوق الحنك الثانوى الى البلعوم فى الخلف . وتوجد فى الثدييات المشيمية امتدادات للتجويفات الهوائية الأنفية داخل العظام القريبة كجيوب هوائية تؤثر فى خفة الجمجمة ( وقد تكون لها تاثيرات أخرى مألوفة كلها لبعض القراء ) .

وفى كثير من رباعيات القدم يوجد جزء متخصص من الجهاز الشمى يسمى بالعضو الميكعى الأنفى ، أو عضو جاكوبسون ووظيفته الأساسية كما يظهر هى التقاط الاحساسات الشمية من الطعام الموجود فى الفم . فى البرمائيات الذيلية ( شكل ٣٣٧ أ ) توجد ببساطة منطقة طلائية حسية تقع فى قناة مميزة نوعا عن تلك التى يمر فيها تيار الهواء الرئيسى الى الداخل . وفى البرمائيات الأخرى وفى الزواحف يوجد هذا العضو فى كيس أعورى يقع على جانب واحد ( ٣٣٧ ب ) ويظهر أن هذه هى الحالة البدائية فى الزواحف كما يشاهد فى الأسفينودون فى العظاءات « السحالى » والثعابين مع ذلك ( شكل ٣٣٧ جـ ) يشغل العضوان الميكعيين الأنفيين كيسين يفتحان منفصلين فى سقف الفم . وثمة تكوين خاص يرى فى كثير من العظايا « السحالى » والثعابين اذ ينشق اللسان الى شعبتين ويخرج اللسان من الفم ويدخل

عاملا كعضو اضافى للشم . فعندما يدخل اللسان الى الفم يغمد داخل أكياس أنفية ميكعية حاملا الحبيبات الكيميائية التى التصقت به من الهواء الى المخاط الموجود على الطلائية الحسية لهذه الأكياس .

ولا يوجد العضو فى السلاحف المائية والتماسيح والطيور وايضا فى بعض الثدييات ( مثل الرئيسيات العليا ) ومع ذلك فقد احتفظت به الثدييات الأخرى . ففى القوارض يفتح عضد الشم داخل التجويف الأنفى الرئيسى ، ولكن فى الأنواع الأخرى التى تحتفظ به توجد فتحتان منفصلتان، كما هى الحال فى العظايا « السحالى » والثعابين ، يؤديان الى سقف تجويف الفم .

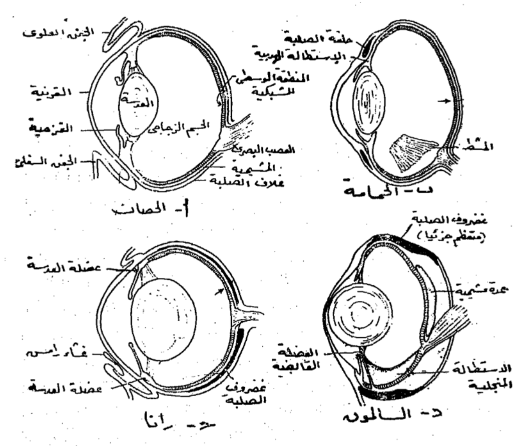
## العين

جسم الانسان معرض دائما الى الاشعاعات التى قد تختلف من الأشعة الكونية المتناهية فى القصر ولكنها سريعة وكذلك التى تنشأ من تحطيم الذرات الى التموجات الطويلة البطيئة التى تستعمل فى ارسال الراديو . ويؤثر كثير من هذه الاشعاعات فى البروتوبلازم ، ولكن يظهر أن هناك حساسية خاصة محددة بشريط ضيق فى منتصف المسافة بين هاتين النهايتين ، ولمعرفة اطوال الموجات الاخرى لا بد أن نرجع الى التراكيب الآلية التى تحول تأثيراتها الى معان نستقبلها بحواسنا المحدودة . ومن المعقول أن نجد أن شريط الحساسية هذا فى الحيوان يقابل الى درجة كبيرة مدى الاشعاعات التى تصل الى الأرض من الشمس ، حيث أن هذا الجسم هو مصدر تلك الكتلة العظيمة من الاشعاعات التى تصل الينا عادة . ونستقبل من هذا الشريط الموجات الأبطأ فى صورة حرارة ، اما الموجات الأسرع والأقصر فتستقبل كضوء وتسمى بعملية الاستقبال الضوئى

والاحساس الخاص بالضوء واسع الانتشار فى المملكة الحيوانية كلها. وتتكون فى عدد من اللافقاريات البسيطة « بقع عينية » كمجموعات من الخلايا الحساسة مصحوبة عادة بصبغ ، وغالبا ما يوجد تقدم تطورى يؤدى الى تعفن فى تركيب العين مع عدسة لتركيز الضوء على خلايا حساسة فى غرفة مغلقة وتستقبل كثير من العيون البسيطة الضوء ككتلة ، ولكن — مع التعفى الأحسن وترتيب الخلايا الحسية بنظام محدد لتستقبل الضوء من مناطق خارجية خاصة — تصل الى الابصار الحقيقى ، وتوجد العيون التامة

التكوين بما فيها من خصائص مشتركة كثيرة رغم الوثوق من نشأتها نشأة مستقلة فى مختلف الحالات فى مجموعات متباعدة عن بعضها البعض كالرخويات والمفصليات من شتى الصور والفقاريات .

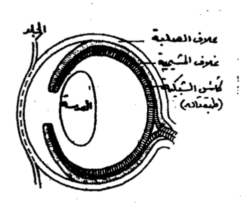
ويتكون التركيب الأساسى فى عين الفقاريات ( اشكال ٣٣٩ ، ٣٤٩ ) من مقلة العين المستديرة تقريبا والتى تقع فى تجويف الحجاج على كل من جانبى محفظة المخ وتتصل بالمخ بواسطة عصب بصرى داخل ساق تنشأ من




شكل ٣٣٩ ــ أشكال توضيحية لقطاعات طولية فى عيون أ ــ الحصان ب ــ الحمامة ، جـ ــ الضفدع الشائع ، د ــ سمكة كاملة التعظم (سالمون) . النسيج الضام للصلبة والقرنية ( غير مظلل ) . حلقة الصلبة او الغضروف ( سوداء ) . المشيمة والجسم الهدبى والقزحية ( منقطة ) . الشبكية ( مخططة ) . الأسهم تشير الى الحفيرة . فى ب ــ يظهر المشط على أحد جانبى الخط الوسطى فى د ــ يميل القطاع قليلا الى احد جانبى الشق المشيمى الذى تدخل من خلاله الاستطالة المنجلية مقلة العين .

( عن روكون ودوفيجنويد وويلز )

السطح الوسطى لمقلة العين . ولمقلة العين تماثل شعاعى مع محور أساسى يمر من الجهة الداخلية الى الجهة الخارجية . وفى داخلها عدد من الغرف الممتلئة بالسوائل المائية او الجيلاتينية . وتقع العدسة فى الداخل فى اتجاه



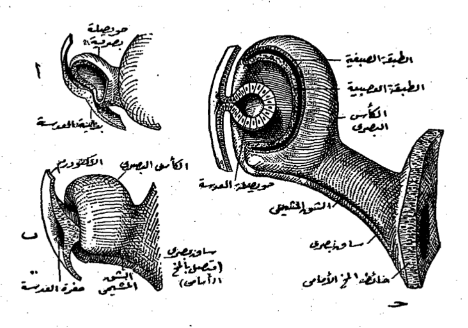

شكل ٣٤٠ – شكل توضيحى لقطاع فى العين يبين ترتيب الطبقات المتتابعة الجنينية .

المقدمة . وتتكون جدر المقلة اساسا من ثلاث طبقات على التوالى ، وهى من الخارج الى الداخل : الصلبة ، والمشيمية ، والشبكية . والصلبة كرة كاملة أما المشيمية والشبكية فهما غير تامتين من الخارج . واصل الاثنتين الأوليين ميزنكيمى ووظيفتهما الأساسية هى التدعيم والتغذية ، أما الشبكية ( وهى فى الحقيقة طبقتين ) فتحتوى على الجزء الحساس الحقيقى من جهاز العين. وعند النهاية الخارجية لمقلة العين يتحور غشاء الصلبة ليكون مع الجلد الذى يقع فوق القرنية الشفافة . وفى اتجاه الخارج تلتحم وتتحور طبقتى المشيمية والشبكية . وتمتد هاتان الطبقتان الملتحمتان عادة فى اتجاه حافات العدسة ليكونا الجسم الهدبى الذى قد تتعلق العدسة منه . والى الأمام خلف هذه النقطة تلتف الطبقتان الملتحمنان الى الداخل موازيتان للعدسة ليكونا القزحية حيث يتركان فتحة وسطية هى الحدقة .

ويقارن عمل العين عادة ( وهذا معقول ) بعمل صندوق « كاميرا » بسيط . فتقابل غرفة مقلة العين داخل الصندوق المظلم ؛ وفى كليهما عدسة تبور الضوء تماما على صحيفة من المواد الحساسة خلف الغرفة . وتشبه قزحية العين ما يسمى بحاجب النور فى الكاميرا فى تنظيم حجم انسان العين.

**التكوين :** ( شكل ٣٤١ ) . من الناحية الجنينية ينشأ اهم جــزء من الوجهة الوظيفية للعين من الأكتودرم ( ويشمل الاكتودرم العصبى ) ، ولكن الميزنكيم يدخل ايضا فى الصورة بشكل مهم . وفى الوقت الذى يتم فيــه تكوين انبوبة المخ تنمو الى الخارج على جانبى منطقة المخ الامامى حويصلتان بصريتان كرويتان وتبقيان متصلتين بالمخ بواسطة ساق . وعندما تتكون كل حويصلة تنثنى طبقتها الخارجية الى الداخل لتكون كاسا بصرية ذات طبقتين ( يبقى فيها مع ذلك شق بطنى لدخول الاوعية الدموية ) . وتصبح هذه الكاس البصرية الشبكيــة التى هى اذا تركيب من طبقتين ، ومن الشبكية ينشأ جزء من الجسم الهدبى والقزحية .

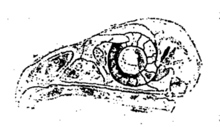
وعندما تنمو الحويصلة البصرية خارجيا فى اتجــاه السطــح يغلظ الأكتودرم الذى فوقها وتغوص كتلة كروية او جيب من هذا النسيــج فى فتحة الكاس لتكون العدسة . وفى كثير من الانواع ( ولكن ليس فى كل الانواع) التى درس تكوين العين فيها تجريبيا وجد ان الحافز المؤدى الى تكــوين العدسة يأتى من اقتراب الحويصلة البصرية من الاكتودرم ، اما تراكيب المقلة الاخرى فتتكون من الميزنكيم : الطبقة الاولى والمقلة الداخلية ، وهى وعائية فى اول تكوينها تحيط بالشبكية لتكون غلاف المشيمية ، ثم يتــكون الغلاف الخارجى من النسيج الضام مكونا كرة كاملة خارجية هى الغلاف المتصلب ( الصلبة ) والقرنية .




شكل ٣٤١ ــ مجموعة من الاشكال التوضيحية تبين التكوين الجنينى الكاس البصرية والعدسة ( عن آرى ) .

**الصلبة والقرنية :** غلاف الصلبة تركيب خارجي جامد يحفظ شكل المقلة ويقاوم الضغوط داخلية كانت أم خارجية والتي قد تغير من شكلها . وفي دائريات الفم من جهة ، وفي الثدييات من جهة اخرى ، تتكون كلها من نسيج ضام سميك . ولكن في اغلب الموجات الأخرى تقوى بالغضروف او العظم . وغالبا ما توجد كأس غضروفية ( متعظمة في بعض الطيور ) تحيط باغلب الجزء الخلفي من المقلة ؛ وتتم حماية اكبر بحلقة صلبة من الصفائح العظمية التي تقع في الصلبة امام « المحور » ( شكل ٣٤٢ ) . وهناك دليل من المتحجرات على أن مثل هذه الحلقات كانت موجودة في الفقاريات البدائية لكل نوع رئيسي ؛ ولكنها بقيت الآن فقط في الأسماك مشععة الزعانف والزواحف والطيور . ويظهر انها كانت تتكون بدائيا من اربع صفائح ، ولكن الاسماك الحديثة ذات الزعانف المشععة لها عادة اثنتان ، على الزواحف والطيور من جهة اخرى عدد كبير من هذه الصفائح .

والجزء السطحي من مقلة العين هو القرنية الشفافة التي من خلالها يدخل الضوء الى المقلة . وفي كل الفقاريات التي هي اعلى من دائريات الفم يلتحم غشاء الصلبة هنا من غير انفصال مع الجلد الذي فوقه . وهذا الجلد الذي هو جزء من القرنية ومنطقة الجلد الحساسة تحت ثنيات الجفن



شكل ٣٤٢ ــ جمجمة طائر العقاب مبينة الحلقة الصلبة في مكانها .
( عن أدينجر ) .

يكونان معا الملتحمة . ومعامل الانكسار للقرنية ــ وهو قدرتها على انكسار موجات الضوء ــ هونفس معامل الانكسار للماء . وفي الهواء مع ذلك تعمل القرنية نفسها كعدسة وتخفف عن العدسة الحقيقية كثيرا من العبء في ضبط بؤرة الصورة ، وتظهر اهميتها من حقيقة ان العيب الاكبر الذي يتطلب تصحيحا بصريا في الانسان مثل الاستجماتيزم ( اللانقطية ) سببه هو عدم انتظام شكل القرنية .

**المشيمية :** تختلف الغلالة الداخلية لمقلة العين كثيرا عن الصلبة ، لأنها من نسيج رخو غنى بالأوعية الدموية التى تمد الشبكية . ويمتص الصبغ الموجود فى المشيمية معظم الضوء الذى يصل اليه بعد اختراقه للشبكية . وبالاضافة الى هذا يتكون هنا غالبا اداة تعكس الضوء اكثر ما نراها ممثلة فى أعين القطط الهائمة فى الليل وتلمع كالأشباح تحت الاضــواء الكاشفــة للسيارة العابرة . هذا هو الطراز المتألق الذى قد يتكون اما من طبقة لامعة من الياف النسيج الضام أو كطبقة من النسيج الممتلىء ببلورات الجوانين . وفى الحيوانات الليلية والأسماك التى تعيش فى الأعماق يقوم هذا التركيب بالحفاظ على الأشعة الضوئية القليلة بردها الى الشبكية فيحول ذلك دون ضياعها .

**القزحية :** يوجد هذا التركيب فى كل الفقاريات ويتكون من اتحــاد عقل متحورة من كل من طبقتى المشيمية والشبكية فتصل بطريقة دقيقــة لتكون حاجزا ملونا أمام العدسة . وينظم هذا حجم الحدقة ، ومن ثم كمية الضوء التى يسمح لها بالمرور من خلال العدسة الى الشبكية . والقزحيــة ثابتة الاتســاع فى بعض الأسماك الا عندما تتأثر بتحركات العدسة التى تحتها . ولكن فى القروش وبعض الأسماك كاملة التعظم ورباعيات القدم توجد غالبــا خلايا عضلية مرتبة بنظام دائرى وشعاعى ، وتعمل على توسيع أو تضييق فتحة انسان العين معطية تأثير فتحة آلة التصوير عندما تتسع فى الضــوء الخافت وتضيق فى الضوء الشديد حتى يكون تحديد الصــورة أحسن . وتتكون الألياف العضلية للقزحية من جزء من الشبكية التى هى من مشتقات الأكتودرم العصبى للجنين . والرأى الصحيح أن من المفروض أن تتــكون العضلات من الميزودرم ، ومع ذلك فان هذه الخلايا فى القزحية لها كل صفات الألياف العضلية من ناحيتى التركيب والوظيفة ، لأن عين الجنين لم تقرأ أبدا كتابا فى علم الأجنة وتتعدى براءتها القواعد التى وضعت من أجلها .

**العدسة والتكيف :** فى الفقاريات الأرضيــة تكسر القرنيــة الأشعــة الضوئية ومن ثم فهى تعمل الكثير من عملية الإنكسار ، أما العدسة فتعمــل كضابط دقيق للتبور . ولا تعمل القرنية بهذه الطريقة فى الأسماك وتقوم العدسة نفسها بكل عملية التبور . ولهذا نجد العدسة فى الأسماك كــروية الشكل وتقع فى أقصى مقدمة مقلة العين ، ويعطى هذا الوضــع أقصى قوة للعدسة ، وكذلك أطول مسافة ممكنة تجمع منها الأشعة على الشبكية . وفى رباعيات القدم تكون العدسة اقل كثيرا فى الاستدارة وتقــع الى الخلف فى تجويف العين ، وتتكون العدسة من الياف غروية طويلة مرتبة بنظام معقــد

من الطبقات ، وهى شفافة تماما ذات شكل ثابت وتقاوم التغيير فى الشكل فى الفقاريات الدنيا . وفى دائريات الفم ليست للعدسة اتصالات خارجية ولكنها تبقى فى مكانها فقط بضغط السائل الزجاجى الذى خلفها والقرنية التى أمامها . وفى كل الفقاريات الأخرى تتصل العدسة خارجيا بحزام أو بمنيطقة من نوع ما ، أما أن تكون غشــــاء او مجموعة من الالياف المرتبــة شعاعيا .

ومن المستحيل كما يعلم أى مستعمل للكاميرا الحصول على تحـديد تام للموئيات الموجودة على مسافات مختلفة من غير ضبط بؤرة العدسة . ومثل هذا الضبط فى العين يسمى « بالتكيف » . وعيون اغلب الفقاريات قادرة على التكيف ، ولكن من العجيب ان هذا التكيف يتم بطريقة خاصة فى كل مجموعة كبيرة تقريبا . ويوحى هذا بأنه من المحتمل ان التكيف لم يكن من مميزات عين الفقاريات البدائية ، وان النماذج المختلفة من الفقاريات تكونت فيها هذه القوة فى كل نموذج مستقلا عن النماذج الأخرى . ويمكن تقسيم الطرق المستعملة فى التكيف باسهاب كما يأتى : ــ

١ ــ مكان العدسة ثابت للرؤية القريبة وتتحرك الى الخلف للمرئيات البعيدة ( الجلكى والأسماك كاملة التعظم ) .

٢ ــ مكان العدسة ثابت للرؤية البعيدة وتتحرك الى الأمام للمرئيات القريبة ( الأسماك صفيحية الخياشيم والبرمائيات ) .

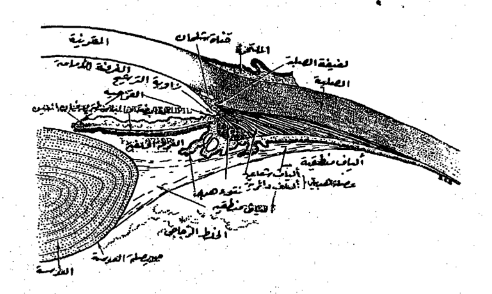
ب ــ شكل العدسة متغير : شكل ثابت للمرئيــات البعيــدة وشكل منبســط للمرئيات القريبة .

## ( الرهليـــات )

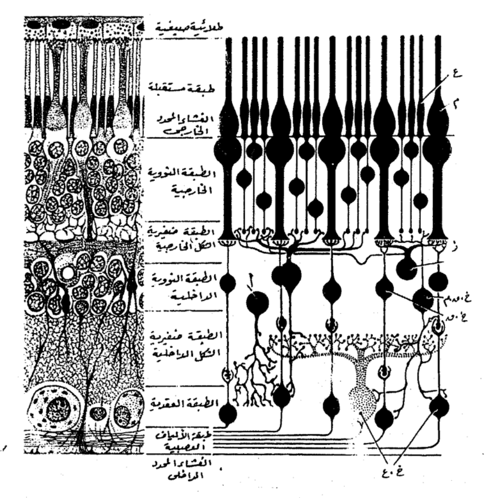
وانه لمن المستحيل أن نعطى فى اى مساحة محدودة مقدارا عن التكوين العضلى الخاص المستعمل فى هذه الطرق من التكيف . وتتم حركات العين بشد عضلات مختلفة التكوين . وبين الرهليات تصبح العدسة اكثر استدارة فى الزواحف والطيور بضغط وسائد تتكون من النتوء الهدبى ضد حافاتهــا وتبقى العدسة طبيعيا فى الثدييات فى حالة مفلطحة نسبيا ، اذ تشدها من حافاتها الياف تتصل بالعضلات الهدبية التى تبقى مثاليا فى حالة انكماش ولكن عندما تسترخى العضلات يقل الشد من العدسة المرنة فتتخذ شكلا

اكثر استدارة . وتبقى هذه الطرق فى الرهليات لها تأثيرها فقط ما دامت العدسة محتفظة بمرونتها . ولكن فى الانسان وكما يعلم كبار السن أن العدسة تتصلب بمرور العمر ويتلاشى التكيف حتى ان الكتاب لا يقرا من غير مساعدات صناعية الا اذا ابعد بطول الذراع ، والا فلن يقرأ أبدا .

**تجاويف مقلة العين :** الجزء الاكبر من المقلة من الناحية الوظيفية عبارة عن تجويف فارغ اساسا ويحتاج الى ان يملأ بسائل — خلط — لا يمنع او يشوه الاشعة الضوئية . والتجويف الأساسى فى مقلة العين والشبكية يملأه خلط زجاجى سميك يشبه الجيلاتين . وامام العدسة يوجد الخلط المائى . والتجويف الممتلىء به بين القرنية والقزحية يسمى بالغرفة الأمامية للعين . اما الغرفة الخلفية فليست كما يظن اى انسان هى الممتلئة بالخلط الزجاجى ولكنها المسافة الضيقة التى يشغلها الخلط المائى بين القزحية والعدسة ( شكل ٣٤٣ ) . ويوجد فى الطيور امتداد عجيب مشطى الشكل داخل تجويف الخلط الزجاجى يسمى بالمشط ( شكل ٣٣٩ ب ) ويظن ان لهذا التركيب وظيفة غذائية ولكن يظن ابعد من ذلك ان ظلال حافات المشط التى تقع على الشبكية تعمل كشباك متسلطة تمكن الطائر من تمييز المرئيات الصغيرة او المرئيات البعيدة المتحركة عندما تمر صورها من غرفة الى اخرى خلال هذه الشباك .




شكل ٣٤٣ — تفاصيل الجزء الخارجى من عين الانسان .
( عن فولتين )




شكل ٣٤٤ ــ على اليسار قطاع طولى فى شبكية حيوان ثديى . على اليمين الاتصالات اصبحت واضحة بالتشبع الفضى . أ ، ز . العناصر العصبية وظائفها غير محددة تماما . الاختصارات الاخرى : خ . ق . خلية ذات قطبين مقترنة بمخاريط مفردة . مَ ــ مخاريط . خ . ق . م ــ خلايا ذات قطبين متصلة بسلسلة من المخاريط ، خ . ع ــ خلايا عقدية . ع ــ العصى . ( عن دولز وجزئيا عن بوليواك ) .

الشبكية : كل اجزاء العين الاخرى ثانوية فى الاهمية بجانب الشبكية، اذ أن وظيفتها جميعا التحقق من أن الضوء يصل بنظام وتبور مناسبين على هذا التركيب الذى يستقبله وينقل المؤثرات المتسببة عنه الى المخ فى الداخل . والطبقة الخارجية رفيعة ولا تشترك الا قليلا بمجموعة من الخلايا الصبغية . اما التركيب الآلى العصبى والحسى المعقد فيتكون كله من

الطبقة الداخلية . وتختلف تفاصيل تركيب الشبكية كثيرا من نوع الى آخر ومن جزء الى جزء آخر فى الشبكية الواحدة . والشكل العام لقطاع فى الشبكية هو غالبا ما يرى فى شكل ٣٤٤ على اليسار . فتوجد داخل الطبقة الصبغية ( التى تلاصق المشيمية ) منطقة مخططة عموديا . وتوجد داخل هذه أيضا ثلاث مناطق واضحة تحتوى على أجسام دائرية تميز كأنوية الخلايا . وتبين الصبغة المناسبة الطبيعية الحقيقية لهذه المناطق . وتحتوى المنطقة المخططة على الأطراف الطويلة للخلايا المستقبلة للضوء والعصى والمخروطات . وتحتوى المنطقة النووية الخارجية على اجسام الخلايا ونوى هذه التراكيب . اما المنطقة النووية الوسطى فهى تلك الخاصة بالخلايا ذات القطبين التى تنقل النبضات من العصى والمخروطات ، ومن الأنواع المساعدة من الخلايا العصبية الشبكية الى الداخل . اما النوى الموجودة فى اقصى الداخل فهى تلك الخاصة بالخلايا العقدية التى تلتقط المؤثرات من العناصر ذات القطبين وترسل اليافا على طول العصب البصرى الى المخ.

والعصى والمخروطات ، والتى اشتق اسمها من شكلها العادى ، هى مستقبلات الضوء الحقيقية ، وتحتوى كل خلية على طرف حسى يتجه الى المشيمية وجزء سميك وقطعة قاعدية تحتوى على النواة. وقد يواجه الشخص على الفور بحقيقة ان خلايا العصى والمخروطات فى شبكة الفقاريات تشير الى الاتجاه الخاطىء . وفى شبكية مركبة « عقليا » لابد وان تشير هذه الأطراف لابعيدا عن . ولكن فى اتجاه الضوء . وتكون بعض عيون اللافقاريات هكذا لا تلك الخاصة بالفقاريات . وقد يكون هذا التركيب الشاذ نتيجة لأن خلايا الشبكية قد تكونت اولا من ناحية تطور الاجناس فى قاع تجويف المخ متجهة اطرافها الى الداخل ( والى اعلى ) لتستقبل الأشعة الضوئية التى تدخل الجسم الشفاف للحيوان الجلبى البدائى من اعلى . وعندما تحولت الى حويصلات بصرية ملتفة الى الخارج احتفظت هذه الخلايا ببساطة بوضعها الأصلى . ويبدو ان استقبال الضوء بواسطة كل من العصى والمخروطات راجع الى تحلل الجزئيات ( من الرودوبسين الخ ) حين تصدمها اشعة الضوء وتميل هذه الجزيئات الى اللون الأزرق ،اوالأرجوانى ، او الأحمر ، وهى مركبات كيماوية تمت بالقرابة الى فيتامين ا .

وتختلف العصى عن المخروطات كثيرا فى الوظيفة ، كما يستطيع ان يحدد هذا راى شخص من عينه هو حيث ان المخروطات مركزة فى وسط منطقة الرؤية اما العصى فتقع اساسا على الحافة . (١) تعمل العصى فى

الضوء الضعيف اما المخروطات فتعمل فقط فى الضوء الواضح . وقد يستطيع الانسان ان يلمح ومضة نجم خافت على هامش منطقة الرؤية . ولكنه لا يستطيع ان يرى هذا النجم اذا نظر اليه مباشرة (٢) وتعطى المخروطات كمجموعة رؤية جيدة ؛ اما العصى فتعطى صورة غير واضحة . ولكى تكون الرؤية واضحة لا بد وان تبور المركز الحامل للمخروطات فى العين على المرئى . (٣) تعطى المخروطات اللون ، اما العصى فتعطى التأثير الأبيض والأسود فقط فى منطقة رؤيا الشخص . اما المرئيات الجانبية فرمادية ولا لون لها .

ونحن نجهل اسباب المداخل المختلفة للضوء فى المخروطات والعصى . اما اسباب الاختلافات فى استقبال التفاصيل فمبينة فيما بعد . وفيما يختص باللون فان السلاحف المائية والطيور بها كريات زيتية ملونة فى مخروطاتها تعمل كمرشحات ؛ ومن ثم تؤدى استقبالا مميزا للالوان . ولكن فى الفقاريات الاخرى تظهر كل خلايا المخروطات كانها متماثلة فى التركيب .

ويختلف كثيرا توزيع خلايا المخروطات والعصى فى مجموعات الفقاريات المختلفة . والحيوانات الليلية بوجه عام او الأسماك التى تعيش فى الأعماق بها اساسا عصى فى الشبكية ، اما الحيوانات النهارية ، او التى تعيش على السطح ، فقد تكون بها نسبة عالية من المخروطات ، ولكن المخروطات نادرة نسبيا بوجه عام . ومن المحتمل ان تكون الحساسية للألوان عالية فى قليل من الفقاريات نسبيا كما هى فى اعيننا . وقد تكون العصى والمخروطات موجودة فى اى منطقة من الشبكية . ولكن عندما تكون المخروطات موجودة فانها توجد عادة مركزة ( كما فى انفسنا ) فى منطقة مركزية خلف الشبكية .

وتوجد من داخل العصى والمخروطات طبقة من الخلايا ذات القطبين لها استطالات تستقبل النبضات من العصى والمخروطات من جهة وتحملها من جهة اخرى الى الداخل الى الطبقة الثالثة ، وهى طبقة الخلايا العقدية التى تكون العصب البصرى . ويظهر غالبا ان خلية واحدة مخروطية تتصل وحدها بخلية ذات قطبين . وان خلية واحدة من هذه الخلايا ذات القطبين تتصل مع خلية عقدية . وعلى هذا فقد يكون لكل مخروط ممر خاص الى العصب البصرى والمخ . وعلى العكس من هذا ، فان عددا كبيرا من هذه العصى تتجه الى خلية واحدة ذات قطبين . ومن ثم لا تصل المخ اية معلومات عن اية مجموعة من العصى هى

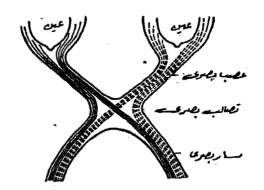
التى نبهت . وهذه هى الحالة التى تؤدى الى عدم الضبط فى رؤية العصى اذا قورنت بتلك الرؤية فى مناطق المخروطات .

**العصب البصرى** : ولو اننا نتعدى النظام العام ( ما دام موضوع الفصل التالى هو الجهاز العصبى ) فاننا نسمح لانفسنا بمناقشة هذا الاتصال المركزى للعين وعلاقته بالابصار والخلايا المعقدية التى تقع على السطح الداخلى للشبكية تكون اليافا طويلة تتجمع فى نقطة بالقرب من وسط الشبكية وتغوص داخلها ( مع تكوين « نقطة عمياء » وذلك لغياب العصى والمخروطات ) متجهة داخل الساق البصرى الى المخ كعصب بصرى . وبينما قد تعودنا على تسميته بالعصب لا بد وأن نشير الى انه ما دامت الشبكية من ناحية النظرة الجنينية جزءا من المخ نفسه فان العصب البصرى ينظر اليه لا كعصب خارجى ، ولكن كممر للالياف يصل بين جزئين من المخ .

وعندما يصل العصبان البصريان الى قاع المخ الأمامى يكونان شكل × ، وهذا هو التصالب البصرى ( شكل ٣٢٥ ) . وفى هذا الطريق المتقاطع فى اغلب الفقاريات تقريبا تعبر كل الياف العصب البصرى الايمن الى الجهة اليسرى من المخ والعكس بالعكس . ويسمى مثل هذا التقاطع للألياف بالتصالب او التقاطع . وفى اغلب طوائف الفقاريات تستمر مجموعتا الألياف الى اعلى والى الخلف الى المراكز المخية فى سقف المخ الوسطى (الهتر) . وفى الثدييات تؤدى كل الالياف تقريبا بدلا من ذلك الى زوج من المناطق الخاصة فى المادة السنجابية فى النصف كريان المخيان .

والعيون فى اغلب الفقاريات موجهة الى الجانبين مع مجالات محددة للرؤية على كل جانب ويكون المخ صورتين منفصلتين للمنظرين المنفصلين . ومع ذلك ففى عدد من الانواء الاعلى مثل الطيور الجارحة وكثير من الثدييات تلتف العيون الى الأمام ويتراكب مجال الرؤيتين ويتشابه تقريبا التأثيران اللذان يصلان الى المخ . وفى مثل هذه الحالات يظهر ان تكوين صورتين عقليتين عملية غير ضرورية . ومع ذلك نهنا هو الذى يحدث والى ابعد ما تستطيع ان تصل اليه فى الاشكال غير الثديية لا يهم الى اى درجة يكون تراكب الصورتين .

وفى كثير من الثدييات تظهر الرؤية المجسمة بتطابق مجالى الرؤية ذهنيا ، فيكون من نتيجة ذلك أن بعض نماذج الثدييات كالانسان تستفيد من الاختلافات الطفيفة فى زاوية الرؤية للعينين فى اكتساب الاحساس بعمق الصورة والابعاد الثلاثة للأجسام المرئية ، وهو ما لا يحدث بغير ذلك .




شكل ٣٤٥ ــ شكل توضيحى للتصالب البصرى فى الثدييات مع رؤية مجسمة حقيقية . كل الألياف من كل نصف عين يمر الى نفس جانب المخ .
( عن آرى ) .

ويصحب هذا التكوين الجديد التصالب غير الكامل فى التصالب البصرى . وفى الثدييات والثدييات وحدها ــ من اجل هذه الاجزاء التى تتطابق من المجال نجد اليافا من مناطق من كلتا الشبكتين التى ترى نفس المرئيات تذهب الى نفس الجانب من المخ . وتبعا لذلك لا تتقاطع ( أى تتصالب ) بعض مجموعات الألياف ولكنها تلتف بزاوية قائمة لتصاحب ما يماثلها من العين المقابلة . وفى الانسان على سبيل المثال ــ حيث تطابق مجالى الأبصار كامل تقريبا ــ فان كل الألياف من النصف الأيسر لكل من الشبكتين تدخل الجانب الأيسر للمخ ، وكذلك الياف النصف الايمن تدخل الجانب الأيمن ( شكل ٣٤٥ ) . وكنتيجة لهذا فان منطقة الرؤية لكل نصف كرة مخية تكون نصف صورة من كل المجال البصرى « كعرض مزدوج » . ثم باتصالات بينية معقدة بين النصفين الكرويين يلتحم نصفا الصورة معا لتظهر فى الوعى كصورة واحدة مجمعة .

**التراكيب الاضافية :** لقد وصفنا من قبل مجموعة العضلات المخططة التى تحرك مقلة العين . وهناك تراكيب اخرى خارجية تعمل اساسا لحماية

السطح الخارجى للعين والعناية بها . وباستثناء بعض أسماك القرش تكون الجفون ضعيفة فى الأسماك . وتتكون الجفون مع ذلك بطريقة ما فى رباعيات القدم . وقد تصبح القرنية الجافة معتمة ، ولكن قفل الجفون على فترات يربط وينظف سطح القرنية . والجفون السفلى والعليا دائما موجودة ومعتمة بوجه عام . وفى اغلب انواع الحيوانات يكون الجفن السفلى هو الأكثر وضوحا ، ولكن فى الثدييات ( والتماسيح ) يكون العكس هو الصحيح . ويوجد فى الزواحف والطيور عامة وفى بعض الثدييات جفن ثالث وهو الغشاء الرامش ، وهو ثنية جلدية شفافة تقع عميقة عن الجفون وتتحرك فوق القرنية من الأمام ( أو الوسط ) الى الحافات الخلفية . ولا تتحرك الجفون فى بعض الحالات وفى رباعيات القدم الدنيا ، ولكن كلما دفعت مقلة العين الى الداخل أو الخارج تفتح الجفون وتغلق . وفى بعض الحالات تمتد أجزاء من عضلات المقلة الى الأمام لتحرك الجفون . وفى الثدييات تنمو العضلات الوجهية الى الأمام فوق الراس مكونة حلقة من الألياف تعمل كعضلة قابضة تقفل العين ( شكل ١٩٤ ص ٣٣٠ ) .

وتتكون فى الفقاريات الأرضية غدد دمعية تفرز سائلا ملحيا لترطيب القرنية . ويوجد فى الأنواع البدائية مثل البرمائيات الذيلية صف من الغدد الصغيرة على طول السطح الداخلى للجفن الأسفل . فى اللاذيليات والزواحف والطيور تميل الغدد الى التركيز فى مقدمة ( أو وسط ) حافة المقلة . وتتكون الغدد الدمعية عادة فى الثدييات فى الركن الخارجى أو الخلفى للعين . وتوجد اضافة مفيدة فى كل رباعيات القدم ( ما عدا السلاحف المائية حيث فقدها ثانويا ) وهى قناة الدموع ( أو قناة الغدة الدمعية ) التى [illegible] السائل الزائد من ركن العين الى تجويف الأنف .

**العيون الوسطية :** توجد فى اسلاف الفقاريات عين ثالثة تقع فى الوسط على مقدمة الرأس متجهة الى أعلى . ففى اقدم مصفحات الجلد ( كما فى شكل ١٩ أ ) توجد عادة نقرة واضحة يظهر انها كانت تحتوى على مثل هذه العين ولو انها اصغر دائما من العيون المزدوجة . وكانت هذه العين موجودة فى قشرية الجلد عامة ، وموجودة كذلك فى المجموعات الكبيرة للأسماك العظمية التى كانت تعيش فى العصر الديفونى . وأبعد من هذا فقد كانت عامة فى كل الفقاريات الأرضية الأقدم ــ البرمائيات العتيقة والزواحف الباليوزية من كل الانواع . وفى العصر الترياسى يظهر ان هذا العضو المساعد فى عملية الابصار قد اختفى . وتوجد العيون الوسطية الآن فى الجلكى فقط من جهة ، وهى توجد

من جهة اخرى فى الأسفينودون وبعض العظاءات « السحالى » ( شكل ٣٩٣) مدفونة تحت الجـلد ، وهى لاتعمـل اكثر من الاحسـاس بوجـود أو غياب الضوء بالرغم من وجود قرنية صغيرة جداوعدسة وشبكية . وهذه العيون الوسطية مثل العيون الجانبية عبارة عن نموات خارجية من المخ . ويوجد مع ذلك تعقيد عجيب فى قصة العين الوسطى التى يظهر انها ليست متشابهة فى كل الحيوانات ، ولكنها قد تتكون من اى من جيبين خارجيين من سقف المخ هما العضو الجدارى ( العضو جار الصنوبرى ) والعضـو الصنوبرى ، ويكون كلاهما تراكيب العين فى الجلكى ، ويوجد الأول منهمـا فى العظاءات « السحالى » والاسفينودون فقط ، ويوحى هذا الوضع بانه من المحتمل أن أسلاف الفقاريات البعيدة كان لها زوج من العيون الظهرية كما كان لها زوج من العيون الجانبية . وبالرغم من فقدان الوظيفـة يبقى العضو الصنوبرى فى الفقاريات العليا على مايظهر كتركيب غدى وظيفتـه غير محددة .

## اعضاء الخط الجانبي

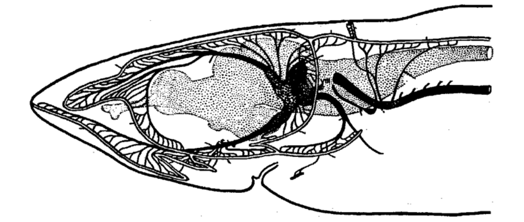
اعضاء الخط الجانبى جهاز حسى تام التكوين غير معروف تماما فى الحيوانات الارضية ( شكلى ٣٤٦ ، ٣٤٧ ) وهو يوجـد فى الأسمـاك وفى اليرقات المائية للبرمائيات . والمستقبلات فى هذا الجهاز عبارة عن مجموعات من الخلايا الحسـية هى أعضاء الحس الجانبى والموضـوعة فيمـا بعد ، وهى توجد عامة فى سلسلة من القنوات أو الميازيب فى الراس والجسم . والعنصر الأساسى لهذا الجهاز هو الخط الجانبى ، وهو بالمعنى المحـدود للاسم عبارة عن قناة طويلة تمتد على طول الجذع والذيل ، ثم تستمر اماما الى الراس حيث تكون قنوات متشابهة فى نظام معقد ، يشتمل مثاليا على افرع تمتد الى الأمام اعلى واسفل الحجاجين ، كما يمتد الى اسفل واماما على طول الفك الاسـفل . واعضاء الحس الجانبى المنفصـلة تسـمى الأعضـاء الحفرية ، وهى قد توجـد ايضـا على رؤوس الأسماك وفى البرمائيات يكون ترتيب اعضاء الحس الجانبى على الراس غير مستمر مـع دلالة ضعيفة على الترتيب الطولى . والقنوات التى توجد فيها اعضاء الحس تفتح على السطح بثقوب صغيرة على مسافات . وفى قليل من الأسماك توجد ميازيب مفتوحة مكان القنوات .

واعضاء الحس فى جهاز الخط الجانبى هى اعضاء الحس الجانبية التى تتكون من حزم من الخلايا تشبه كثيرا فى مظهرها براعم الذوق . وكل خلية حسية طولية لها استطالة تشبه الشعرة ، ويوجد بلا اختلاف « فوق الشعر » وتضم اطرافه كتلة من المواد الجيلاتينية تفرزها خلايا اعضاء الحس الجانبية التى تسمى الكؤيس ( شكل ٣٤٨ ) . وأعضاء الحس الجانبية تمدها الأعصاب المخية ، وأغلب ماتكون على الراس من العصب السابع أما باقى الجسم فمن العصب العاشر .

ولما كانت تراكيب مثل هذه لا توجد أبدا فى اجسامنا ( الا كما سنرى فى الأذن الداخلية ) كان من الصعب علينا تحديد طبيعة الاحساسات التى تستقبلها . ويظهر انها تستجيب بتحركات الكؤيسات ومن ثم انحناء « الشعر » نتيجة لاهتزازات الماء أو تياراته ومن ثم تساعد السمكة فى الحركة خلال الماء ، حيث تندر وجود علامات مرئية مميزة . وقد عاد كثير من الزواحف والثدييات الى الحياة فى الماء ولكن هذا المساعد الحسى المقيد ما دام قد فقد من قبل فلن يعود ابدا .



شكل ٣٤٦ ــ قطاع فى جلد سمكة كاملة التعظم يبين قناة الخط الجانبى (١) تثقب مجموعة من القشور ويفتح على مسافات على السطح . ويتبع القناة عصب الخط الجانبى (٢) الذى يعطى افرعا الى اعضاء الحس (٣) . (٤) طلائية . ( عن جودريش ) .



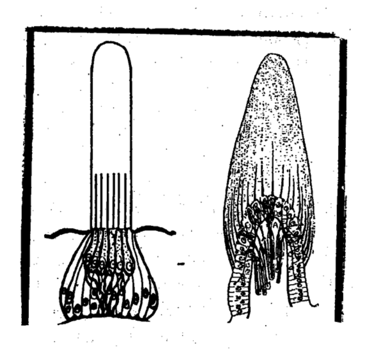
شكل ٢٤٧ ــ الجانب الأيسر لرأس قرش يبين قنوات الخط الجانبى ( خطوط متوازية ) والأعصاب التى تمدها ( سوداء ) . الأعضاء الحفرية غير مبينة . الفرع القمى للعصب السابع (١) . القناة اللامفكية (٢) . القناة تحت الحجاجية (٣) . قناة الخط الجانبى الرئيسية (٤) . القناة الفكية(٥). القناة فوق الحجاجية (٦) . القنوات فوق الصدغية ( أو القفوية ) (٧) . القناة الصدغية (٨) . الفرع الظهرى للعصب العاشر (٩) . فرع الخط الجانبى للعصب العاشر (١٠) . الفرع الفكى الخارجى للعصب السابع (١١) . الفرع فوق الوجهى المقلى للعصب السابع (١٢) . الفرع السمعى للعصب السابع (١٣) . الفرع فوق الصدغى للعصب التاسع (١٤) . الفرع فوق الصدغى للعصب العاشر (١٥) . ( عن نوريس وهوج ) .

## الأذن

من المحتمل ان تكون الأفكار الأولى عن التشريح الأولى أو المظاهر الوظيفية لأذن الفقاريات مضللة عندما نعتمد على المظاهر المألوفة لأذن الانسان . فقد يميل الانسان عندما نذكر كلمة الأذن الى التفكير فى صيوان أذن الثدييات او قد يفكر فى تجويف الأذن الوسطى خلف الطبلة مع ماتحتويه من عظيمات . ولا توجد هذه التراكيب فى الأسماك ، لأن أساس تركيب الأذن فى كل الفقاريات هو ذلك الخاص بالأذن الداخلية ، وهى التراكيب الحسية المدفونة على عمق داخل مخفظة الأذن . ونحن نفكر فى السمع كوظيفة رئيسية للأذن . ولكن كان السمع غير ذى أهمية اذ لم يكن معدوما فى أسلاف الفقاريات ، وكان التوازن هو الخاصة البدائية لعضو السمع .

**الأذن كعضو للتوازن :** قبل أن نتكلم عن وظيفة السمع التى تزداد أهميتها كلما صعدنا فى السلم الحيوانى ،لا بد لنا أن نناقش الأذن كعضو للتوازن وهى الوظيفة الرئيسية التى تبقى من غير تغيير نسبيا من السمكة للانسان . والتوازن نوع من الاحساسات التى تتم بالأذن الداخلية وحدها ، أما بقية تراكيب الأذن المساعدة فكلها تتصل بالسمع ولا يعنينا الكلام عنها فى هذه اللحظة .

فى أسماك مختلفة ، وفى البرمائيات والزواحف ، تبنى الأذن الداخلية بنظام ثابت نسبيا تتصل فيه معظم التراكيب الموجودة بالتوازن ( شكل ٣٤٩ أ ـ د ) . ويتكون التيه الغشائى من مجموعة من الأكياس المغلقة والقنوات التى تقع داخل محفظة الاذن على كل من جانبى حافظة المخ ، وهو يحتوى على سائل الليمف* الداخلى الذى يشبه ذلك الموجود فى التجويفات البيئية . ويوجد عادة زوج من التراكيب الكبيرة الشبيهة بالأكياس تسمى القربة



شكل ٣٤٨ ـ اعضاء الحس الجانبية . على اليسار عضو من قناة الخط الجانبى وعلى اليمين العروف من القناة النصف هلالية . وفى كليهما تظهر الخلايا المدعمة والخلايا الحسية وللأخيرة استطالات تشبه الشعر تمتد داخل الكؤيس المرن الجيلاتينى . ( جزئيا عن فولتون )

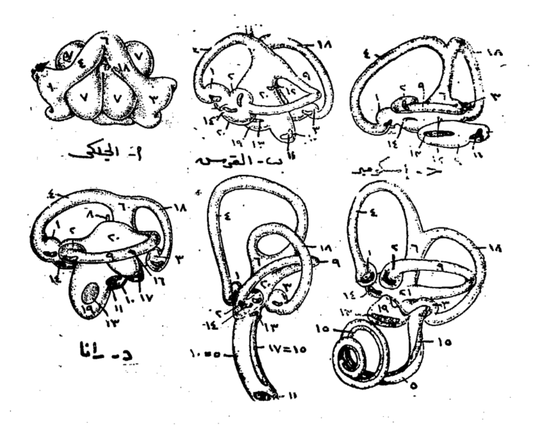
فى الجهة الظهرية والكبيس فى الجهة البطنية . وتمتد منهما عادة الى أعلى والى الداخل انبوبة رفيعة هى قناة الليمف الداخلى لتنتهى داخل حافظة المخ فى كيس ليمفى داخلى . وفى كل من كيسى الاذن الكبيرين توجد بقعة بيضاوية كبيرة تتكون من طلائية حسية تمدها افرع من العصب السمعى وهذه هى بقع القربة وبقع الكيس . ويتكون انخفاض يشبه الجيب فى قاع الكيس وهذه هى القنينة التى تحتوى على بقعة قنينية صغيرة . والخلايا الحسية فى هذه البقع ( وطبعا فى كل الاذن الداخلية ) تشبه خلايا جهاز الحس الجانبى الموجود فى جهاز الخط الجانبى بما فيها من استطالات تشبه الشعر تنطمر فى المواد الجيلاتينية التى تقع فوقها . وتصبح هذه المادة فى بقع القربة والكييس وغالبا فى تلك التى فى القنينية كذلك تركيبا سمكيا تترسب فيه بللورات من كربونات الجير تكون « حجر الاذن » أو عضو الاتزان ( فى الأسماك ذات الزعانف المشععة تكون اعضاء الاتزان تراكيب كبيرة تملأ تقريبا كل تجويف الحويصلتين ) .

وتسجل بقع القربة والى درجة اقل كثيرا بقع الكييس والقنينة بواسطة انحراف عضو الاتزان والتواء شعيراته الحسيةمكان الراس والسرعة الطولية . ويوجد مثل هذه الاعضاء تقريبا فى عدد من انواع اللافقاريات . ولا تستطيع أن تعطى بيانات عن حركات الالتفاف ؛ اذ ان هذه وظيفة مجموعة اخرى من الاعضاء هى القنوات النصف دائرية .

وتخرج هذه الانابيب الدقيقة من القربة وتتصل بها بكلتا نهايتها . وفى كل حيوان فقارى ذى فكوك توجد ثلاث من هذه القنوات يمتد كل منهما عموديا على الآخر ، ومن ثم تمثل المستويات الثلاثة فى الفراغ . وتقع اثنتان منها فى المستوى الراسى ، وهما : القناة الراسية الإمامية التى تتقوس الى الأمام والى الخارج من السطح العلوى للقربة ، والقناة الراسية الخلفية التى تمتد الى الخلف والى الخارج . أما القناة الثالثة فتمتد جانبيا . ولكل قناةمن هذه الثلاث اتساع مستدير عند احدى نهايتها هو الامبولة . وتوجد هذه الامبولات فى القنوات الراسية عند النهاية الخارجية والسفلية فى الامام والخلف ، اما القناة الافقية ( ولسبب غير معروف بصفة خاصة ) تقعامبولتها فى الامام . ويوجد داخل كل امبولة منطقة حسية مرتفعة عادة تسمىبالعرف ( شكل ٣٤٨ ) ، ونجد هنا ايضا الخلايا « الشعرية » الحسية الجانبية مطمورة اطرافها داخل الكؤيس ويظهر واضحا أن وظيفتها هى تسجيل حركات الالتفاف فى مستويات الفضاء المختلة ، وازاحة السائل

الى واحدة او اكثر من القنوات يزيح الكؤيسات ويتبع ذلك التواء شعيراتها الحساسة .

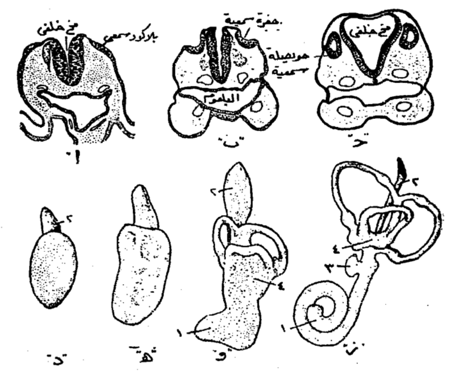
وبالرغم من حقيقة أن هذه الأعضاء الثلاثة للتوازن هى أساسا متشابهة فى كل حيوان فقارى ذى فكوك فقد تحدث بعض التغييرات هنا وهنـــاك .



شكل ٣٤٩ ــ التيه الغشائى فى أ ــ الجلكى . ب ــ القرش . جـ ــ سمكة كاملة التعظم . د ــ ضفدعة . هـ ــ طائر . و ــ ثديى . وكلها مناظر خارجية للأذن اليسرى . المناطق الحسية مبينة ( الا فى أ ) كأن الغشاء شفاف . أمبولة القناة الأمامية (١) . أمبولة القناة الأفقية (٢) . أمبولة القناة الخلفية (٣) . القناة الراسية الأمامية (٤) . قناة القوقعة أو الحلزون (٥) . ساق الاتصال التى تتصل بها القناتان الراسيتان (٦) . غرف فى أذن الجلكى مبطنة بطلائية مهدبة (٧) . قناة أو مجرى الليمف الداخلى (٨) . القناة الأفقيـــة (٩) . القنينة (١٠) . بقع القنينة (١١) . بقعة مهملة (١٢) . بقعة الكيس (١٣) . بقعة القربة (١٤) . عضد كورتى (١٥) . حلمات (١٦) حلمة قاعدية (١٧) . القناة الراسية الخلفية (١٨) . الكيس (١٩) . القربة (٢٠) . ( عن رتزيس ) .

وفى القروش مثلا يكون الكييس والقربة جزئين من كيس مشترك ، فى حين أن فى الراى تتصل القنوات فقط بقنوات ضيقة مع باقى الجهاز ، وينتهى عادة المجرى الليمفى الداخلى فى كيس متوسط الحجم داخل تجويف المخ . ولكنه قد يمتد فى الضفادع على طول تجويف النخاع الشوكى . اما فى القروش فتمتد القناة الى أعلى لتفتح على قمة الراس ، واكثر الحالات غير العادية توجد ( كما فى باقى الأجهزة ) فى دائريات الفم . وتوجد بالجلكى قناتان نصف دائريتين ؛ اما فى الجريثات فتوجد قناة واحدة . وكما هى الحال فى الفتحة الأنفية لا نستطيع ان نكون متأكدين هل الحالة فى دائريات الفم بدائية او حالة منتهية .

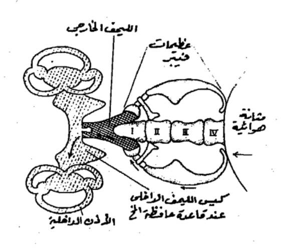
**نشأة الأذن فى الفقاريات :** من الناحية الجنينية تظهر الأذن الداخلية اولا مثل اعضاء الخط الجانبى كتغلظات اكتودرمية على كل من جانبى الراس




شكل ٣٥٠ ــ اشكال توضيحية تبين تكوين الأذن الداخلية فى الثدييات أ ــ جـ قطاعات عرضية فى راس جنين مبكر اذ ينغمد قرص اكتودرمى الى الداخل على كل جانب ليكون حويصلة سمعية . د ــ ز أطوار متتالية فى تكوين الأجزاء المختلفة من التيه الغشائى من الحويصلة السمعية . قناة القوقعة (١) . قناة الليمف الداخلى (٢) . الكييس (٣) . القربة (٤) . (من أ ــ جـ عن آرى من د ــ ز عن هيس وبريمر ) .

( شكل ٣٥٠ ) . ثم تنغمد هذه الى الداخل لتكون زوجا من الأكياس التى قد تبقى لبعض الوقت محتفظة باتصالها الخارجى ( كما تعمل قنوات الليمف الداخلى فى القروش البالغة ) . ومن الناحية المثالية ينقسم بعد ذلك كل كيس الى قربة وكييس وتنشأ من الأول ثلاث قنوات نصف دائرية منفصلة ومن الأخير تتكون تراكيب اخرى سنصفها فيما بعد .

وتوحى القصة الجنينية مع طبيعة النهايات الحسية فى الأذن ــ وهى التى تشبه تماما اعضاء الحس الجانبية الموضوعة خارجيا ــ بأن الأذن الداخلية نشأت من الناحية التطورية كجزء متخصص عميق الغور من جهاز الخط الجانبى . وكما سنصف فى الفصل التالى فان الأعصاب المتصلة بكل من مجموعتى الأعضاء وثيقة الاتصال كما انهما مشتركان معا تماما من الناحية الوظيفية كذلك ؛ ويمدان السمكة بالجزء الأكبر من المعلومات التى تنظم حركتها .

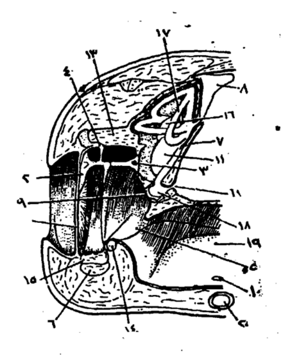



شكل ٣٥١ ــ منظر توضيحى لقطاع افقى للجزء الخلفى للرأس والجزء الأمامى لجسم سمكة كاملة التعظم مع عظيمات فيبر . تؤدى الاهتزازات فى القسم الامامى من المثانة الهوائية الى اهتزازات فى عدد من العظيمات الصغيرة تنشىء بدورها موجات فى كيس الليمف الخارجى . وهذا ايضا يؤدى الى اهتزازات فى كيس الليمف الداخلى عند قاعدة حافظة المخ . وتبين الأسهم ممر ارسال الاهتزازات . تدل الارقام على الفقرات التى اشتقت منها عظيمات فيبر ( عن شفانيلوف ) .

**السمع فى الأسماك :** ولو ان السمع ليس هو الوظيفة الأولية للأذن الداخلية الا انه من المحقق ان السمع موجود فى الاسماك وخاصـة بين الأسماك كاملة التعظم ، ولكنه من غير المحقق تحديد اية بقعة اواكثر من البقع الحسية العديدة هى التى تختص بالسمع . وقد تكون بقـع الكييس هى المستقبل الأساسى فى معظم الحالات ، ومن المحتمل ان تشترك القنينية وبقع القربة الأساسية . وثمة احتمال آخر هو البقعة المهملة ( شكل ٣٤٩ ب،جـ) وهى بقعة صغيرة حسية فى قربة كثير من الاسماك وفى الفقاريات الأرضيـة الدنيـا .

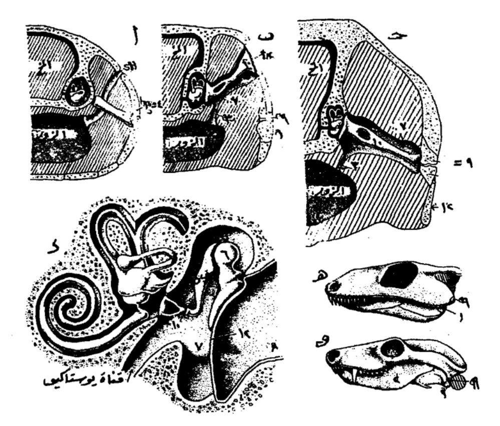
ومع انه لا يوجـد للأسماك جهـاز الأذن الوسطى الذى تستعمله الفقاريات الأرضية فى استقبال الاهتزازات الخارجية وتحويلها الى علاقات وظيفية مع المناطق الحسية فى الأذن الداخلية ، فان عدداً من مجاميـع الأسماك كاملة التعظم قد كونت مستقلة تراكيب مشابهة . ومن ثم فهناك مجموعة تضم الاسماك القطية مينوس والكارب ( استرايوفيزاى ) تستعمل المثانة الهوائية كغرفة رنين ، وتحمل الاهتزازات الى الاذن مجموعةمن العظام الصـغيرة تسمى عظيمات فيبر تنشأ من الفقرات الأماميـة والضـلوع ( شكل ٣٥١ ) .

**الأذن الوسطى والخارجية فى الرهليات :** السمع حاسـة مهمة فى رباعيات القدم ، ولكن الصوت الذى يسمع هو عبارة عن مجموعات هوائية ضعيفة تستطيع عادة ان يكون لها تأثير ضعيف مباشر فى احداث اهتزازات فى الليمف الداخلى فى الأذن الداخلية . ومن ثم كان ضروريا وجود تصميمات لتضخيم هذه الموجات وحملها الى الأذن الداخلية . وقد تكونت مثل هـذه التصميمات كما يظهر فى رباعيات القدم المبكرة جدا ، وقد احتفظ بها مـع تغيير طفيف فى بعض الزواحف كالعظايا « السحالى » ( اشكال٣٥٢ ، ٣٥٣ أ ــ جـ ). والعناصر المستعملة هى فتحة المتنفس الخيشومية والعظم اللامى الفكى ولايفتح جيب المتنفس الخيشومى للجنين على السطح، ويتكون من منخفض السطح المقابل صماخ الاذن الخارجية . اما الغشاء الرفيع بين هذا المنخفض والجيب فيصبح طبلة الأذن او الغشاء الطبلى الذى يلتقط اهتزازات الهواء . ويصبح الجيب تجويف الأذن الوسطى واتصالها مع الزور يسـمى « بوق يوستاكيوس » ؛ ويغير العظم اللامى الفكى فى الأسماك وظيفته ليصبح الركاب




شكل ٣٥٢ ـ منظر خلفى للجهة اليسرى لراس سحلية يبين الجهاز السمعى . انخفاض خارجى يؤدى الى الطبلة (١) . ومن داخل الطبلة يرى الركاب ينقسم الى قسمين: العميد الزائد(٢) والعميد أو الركاب(٣). استطالات من الأول تتحرك مفصليا من أعلى مع الجمجمة (٤) . ومن أسفل مع العظم المربعى امام تجويف الأذن الوسطى . ويفتح هذا التجويف ببوق يوستاكيوس المتسع (٥) الى الحلق. الأذن الداخلية مبينة بطريقة توضيحية . الاختصارات الأخرى : العظمة المفصلية للفك الأسفل ( المطرقة ) (٦) . الحائط الداخلى للمحفظة السمعية (٧) . كيس الليمف الداخلى (٨) . الكوة المستديرة (٩) . المزمار (١٠) . قنينة (١١) . قناة الليمف الخارجى تصل الأذن الخارجية بتجويف المخ (١٢) . النتوء جار المؤخرى للمنطقة الأذنية (١٣) . العظم الجناحى (١٤) . المربعى ( = سندان ) (١٥ ) . كييس (١٦) . القنوات الهلالية (١٧) . مكان كيس الليمف الخارجى (١٨) . اللسان (١٩). قصبة هوائية (٢٠) . ( عن جودريش . بعد فيرسلوس ) .

الشبيه بالعصى أو العميد، وهو يعبر تجويف الأذن الوسطى من الطبلة الى فتحة من خلال المحفظة السمعية الى الأذن الداخلية وتسمى هذه الفتحة بالكوة البيضية




شكل ٣٥٣ ـ أشكال توضيحية تبين تطور الأذن الوسطى والعظيمات السمعية ـ قطاعات توضيحية فى منطقة الأذن فى الراس . أ ـ سمكة . ب ـ برمائى بدائى . جـ ـ زاحف بدائى . د ـ ثديى ( مبين منطقة الأذن فقط ). هـ ـ منظر جانبى للجمجمة لفقارى برى بدائى . و ـ زاحف شبيه بالثدييات يبين ازاحة طبلة الأذن من الحفرة الأذينية للجمجمة الى المنطقة المفصليـــة للفكين .

المفصلى (١) . السنى (٢) . بوق يوستاكيوس (٣) . اللام الفـــكى (٤) . السندان (٥) . المطرقة (٦) . تجويف الأذن الوسطى (٧) . تجويف الأذن الخارجى (٨) . المربعى (٩) . الركاب (١٠) . المتنفس (١١) . غشـــاء الطبلة (١٢) . ( عن رومر ) .

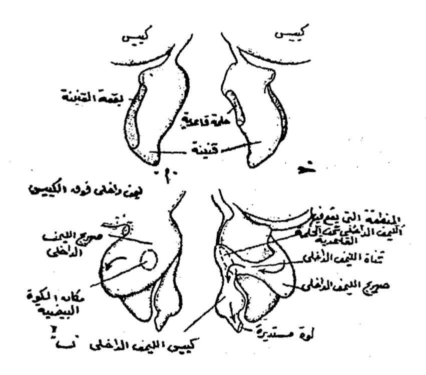
وهى لهذا تحمل الاهتزازات التى تلتقطها الطبلة الى سوائل الأذن الداخلية ، ومن ثم الى ما تحتويه من تراكيب حساسة .. ويرجع الانتفاع بالعظم اللامى الفكى فى وظيفته الجديدة الى أنه غير محتاج اليه فى حمل الفكوك ـ كمـــا وصفنا فى مفصل متقدم ـ وهو مع ذلك قد يحتفظ باستطالة تتصل مـــع منطقة العظم المربعى فى الاتصال المفصلى للفكين . وقد يتكون الركاب كمـا

فى العظاءة « السحلية » ( شكل ٣٥٢ ) من قطعتين او أكثر ويكون استطالات أخرى تتصل بالجمجمة أو القوس اللامية . وتشـــبه الأذن الوسطى فى الطيور تلك الموجودة فى الزواحف .

وتصبح تراكيب الأذن الخارجية واضحة للمرة الأولى فى الثدييات ؛ اذ يوجد الصماخ الخارجى الأنبوبى العميق كما يوجد غالبا صيوان الأذن البارز الذى قد يصبح ذا فائدة فى جمع الموجــات الصوتيــة . والتغيــير الأساسى الأكثر تقدما هو فيما يختص بتجـــويف الأذن الوسطى ( شكل ٣٥٣ د ) . وهنـــا توجد بدلا من عظمة واحدة مجموعة من ثلاث عظيمــات سمعية متصلة مفصليا تؤدى من طبلة الأذن الى فتحة بيضاوية ، وهـــذه العظيمات هى المطرقة والسندان والركاب ( مطرقة النجار او الحـــداد وسندان الحداد وركاب السرج ) . ومنشأ هذه المجموعة من العظيمات كان موضوع جدل طويل . وكان يظن فى وقت من الأوقات أنه ولا بد وان تكون نتيجة لانقسام عظم واحد فى الزواحف . ومع ذلك فقد كشفت علوم الأجنة والتشريح المقارن وعلم الحفريات مشتركة القصة الحقيقيـــة . فالعظم الداخلى ( الركاب ) ولو أنه قصير جدا الا أنه يساوى كل الجهاز الركابى فى الزواحف . أما العظمان الآخران فهما يشبهان عظمتى المفصلى والمربعى اللتين يكونان فى الفقاريات الدنيا مفصل الفك . ولقد كونت الثدييـــات جهازا مفصليا جديدا للفك ، اما تراكيب المفصل القديم فقد خصصت لفائدة جديدة ، وتقع طبلة الأذن فى الزواحف ملاصقة لمفصل الفك أما العظم المفصلى فقد بقى متصلا بها واصبح المطرقة . كما ان العظم المربعى الذى يتصـــل بالمفصلى من جهة وبالركاب ( وهو اللامى الفكى القديم فى الأسماك ) من جهة أخرى فقد احتفظ بهذه الاتصالات كسندان . وهذه العظام هى أصلا عناصر فاصل خيشومى ، وتعطى مثالا جيدا للتغييرات فى الوظيفة التى تستطيـــع أن تنتهجها التراكيب المشابهة . فوسائل التنفس اصبحت وسائل للتغذية واخيرا اصبحت وسائل سمعية .

**الأذن الداخلية فى الزواحف :** ( اشكال ٣٥٤ ، ٣٥٥ ب ، ٣٥٦ أ ) فى رباعيات القدم توضح اجزاء الأذن الداخلية المخصصة للتوازن تغيرا بسيطا . فالجهاز السمعى يتكون بالتدريج الى تراكيب تكتسب مثل هـذا الحجم ، وهذه الأهمية ، حتى ان المناطق القديمة فى الأكياس والقنوات تسمى غالبا ( بالتقريب ) دهليز الأذن الداخلية .

ويحدث هذا الاتساع فى منطقة القنينة . وتبقى بقع القنينة فى رباعيات القدم ماعدا الثدييات فوق مستوى وحيدة المخرج ولكنها غير مهمــــة . وتتكون هنا منطقة حساسة ثابتة ــ الحلمات القاعدية ــ وهى اعضاء السمع فى رباعيات القدم التى تستقبل الاهتزازات الآتية اليها من الخارج بواسطة الركاب .



شكل ٣٥٤ ــ الاذن فى جنين متأخر لسحلية ( لاسرتا ) . ا ــ الأذن اليسرى منظر جانبى للتيه الغشائى فى قاع الكييس وللقنينة . ب ــ نفس الشيء مبين بالاضافة الىجهاز لليمفالخارجى . جـ د مناظر وسطية تقارن مع أ . ب على التوالى . تدل الاسهم على ممر الاهتزازات من الركاب الى الحلمات القاعدية ثم الى « الكوة المستديرة » فى النهاية البعيدة خلف قناة الليمف الخارجى .

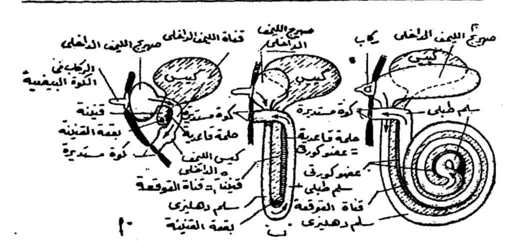
وبين جدر محفظة الأذن والاكياس وقنوات جهاز الليمف الداخلى توجد تجويفات تعبرها أحبال من نسيج ضام وممتلئة بسائل ثان للأذن هو حول الليمف ( الليمف الخارجى ) ( شكل ٢٥٥ ) . فى رباعيات القــــدم يتكون فى الليمف الخارجى جهاز توصيل هو الحلقة الاخيرة فى نقل الاهتزازات الى الحلمات القاعدية . ويأتى الركاب بالاهتزازات الى الفتحة البيضــــاوية .




شكل ٣٥٥ ــ أ ــ تخطيط لقطاع فى حافظة الأذن لسمكة تبين فراغ الليمف الخارجى يحيط بالتيه الغشائى الذى يحتوى على الليمف الداخلى . ب ــ تخطيط مشابه لرباعيات القدم الذى به جزء من منطقة الليمف الخارجى ( الأسهم ) متخصص ليقود الصوت من الفتحات البيضية الى وبعد المنطقة السمعية الحساسة . البقع مظللة تظليلا داكنا . ( عن بيرلت ) .

وداخل هذا يتكون صهريج الليمف الخارجى الكبير الذى يعمل ضده الركاب ( اشكال ٣٥٤ ، ٣٥٥ ب ، ٣٥٦ أ ) . وتحمل الاهتزازات التى تستقبل هنا الى قناة ممتلئة بالليمف الخارجى حول القنينة ثم الى حافتها الخلفية : وتقع القناة فى هذه النقطة تحت الحلمات القاعدية ومنفصلة عن السطح السفلى لخلاياها الحسية بغشاء مرن قاعدى فقط . وتهيج اهتزازات هذا الغشاء الخلايا الشعرية فى الحلمات . وفى النهاية . وفى هذا الطريق الدائرى نصل الى العضو الحسى . وهذا الوضع ــ تركيب سمعى حسى تهيجه اهتزازات الغشاء عند قاعدته ــ صفة اساسية فى تركيب الجهاز فى كل الرهليات . وسنجدها معادة ومن الممكن وصفها بنفس الكلمات فى الطيور والثدييات .

والنقطة الاخيرة هنا انه لا بد من وجود تصميم للافراج عن الاهتزازات، ومن الطبيعى أن يكون موجودا عند النهاية البعيدة لقناة الليمف الخارجى . وكانت بداية العظام الآلى كيس ليمف خارجى يبرز داخل المخ . ويوجد فى اغلب رباعيات القدم مع ذلك تكوين اكثر تقدما . نافذة مستديرة ــ الكوة المستديرة تتكون فى جدر الحافظة الاذنية مواجهة لتجويف الاذن الوسطى ، ويهتز غشاء هنا مع المؤثرات المستقبلة خلال الفتحة البيضاوية عند الطرف الآخر من الليمف الخارجى .



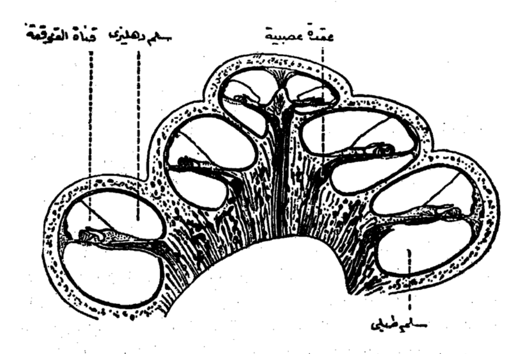
شكل ٣٥٦ ــ قطاعات توضيحية فى منطقة الكييس تبين تطور القوقعة.
ا ــ زاحف بدائى مع حلمة قاعدية صغيرة بجوار قنــاة الليمف الخارجى.
ب ــ التمســاح أو الطيور . استطالات القنينة لتكون قناة القوقعة والعضو الحســاس القاعدى معها . وتتبع قناة القوقعة فى استطالتها لفة قناة الليمف الخارجى . جـ ــ نموذج الثدييات . القوقعة تستطيل أكثر وتلتف بطريقة فيها اقتصاد فى التجويف .

**تكوين القوقعة** ( شكل ٣٥٦ ) . وقد هذبت كل من الطيور والثدييات كثيرا قدرتها على السمع بتكوين القوقعة . وتوضح التماسيح طريقة تكوينها. وتدخل ثلاث تراكيب فى هذا التكوين ــ القنينة وقنـــاة الليمف الخارجى والحلمة القاعدية . وتمتد القنينة الى انبوبة طويلة يملأها طبعــا الليمف الداخلى ، وهذه هى قناة القوقعة ( أن السلم المتوسط ــ ) . وتمتد كذلك الحلمة القاعدية الى تركيب طويل يمتد على طول قناة القوقعة كعضو كورتى وتطول قناة الليمف الخارجى تحتها بطريقة مماثلة لتصبح عقدة مزدوجة . والجزء من العقدة الذى يؤدى الى الداخل من الشباك البيضاوى ( فى الجزء الدهليزى من الأذن ) يسمى السلم الدهليزى . والفرع البعيد الذى يؤدى الى الشباك المستدير ( والذى تغطيه الطبلة ) يسمى السلم الطبلى والأنابيب الثلاث ــ قناة القوقعة الممتلئة بالليمف الداخلى والسلمين الممتلئين بالليمف الخارجى ، تضغط كلها مع بعض لتكون القوقعة البدائية .

وتختلف قوقعة الطيور عن تلك الخاصة بالتماسيح وخاصة فى الاستطالة الكبيرة لهذا التركيب . ولا تزال توجد فى الثدييات استطالة اكبر لهذا الجهاز

المثلث الأنابيب . وكما يدل الاسم يلتف فى الثدييات الى حلزون انيق لتحتفظ به داخل حدود محفظة الأذن .

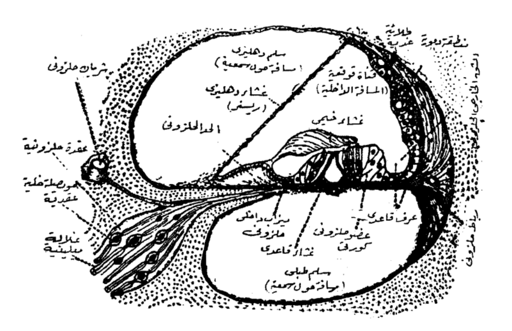
ولا نستطيع هنا ان نناقش بالتفصيل التركيب الميكروسكوبى المعقد لعضو كورتى ( شكلى ٣٥٧ ، ٣٥٨ ) الذى يشتمل على جهاز معقد من أنواع الخلايا الحساسة والخلايا المدغمة وتغطيه طبقة غشائية . ويقع تحت هذا العضو عنصر مهم هو الغشاء القاعدى . وكما فى رباعيات القدم الدنيا يكون اهتزاز هذا الغشاء بالموجات التى تصله عن طريق جهاز الليمف الخارجى هو المسئول عن تنبيه عضو كورتى .



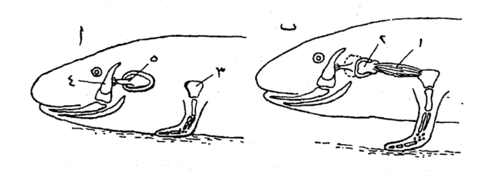

شكل ٣٥٧ ــ قطاع توضيحى فى قوقعة حيوان ثديي ( عن فينترى وكوردى ) .

ويظهر أن السبب الوظيفى لاستطالة الحلمة القاعدية هو للتمييز بين الأصوات المختلفة الدرجات . ويتدرج الغشاء فى الاتساع على طوله ، وعلى ذلك يصبح حساسا لأطوال الموجات على الأجزاء المختلفة من امتداده .

**الأذن فى البرمائيات :** لقد حذفنا فى كل ما ذكر اى مرجع عن تركيب الأذن فى البرمائيات المعاصرة لأن الحالة فى هذه الحيوانات ليست بدائية

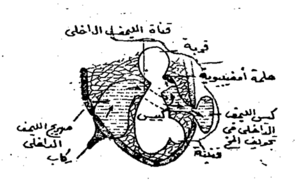



شكل ٣٥٨ ــ قطاع مكبر جدا فى قوقعة حيوان ثديى لايضاح تفاصيل عضو كورتى ( قارن شكل ٣٥٧ ) ( عن روش وفولتون ) .




شكل ٣٥٩ ــ اشكال توضيحية تبين ميكانيكية الاتصال بين الخارج والأذن الداخلية فى البرمائيات الذيلية . أ ــ نوع مائى فيــه الركاب أو العويمود يلتقط الاهتزازات بواسطة اتصال رباطى مع العظم القشرى . ب ــ نوع فيه الركاب ضامر والغطاء يلتقط الاهتزازات الارضية من خلال اتصال عضلى مع الحزام الكتفى . عضلة الغطاء (١) . الغطاء (٢) . اللوح (٣) . القشرى (٤) . الركاب (٥) . ( عن كينجزبرى و ريد ) .

عموما ولكنها متخصصة كما يظهر انها متحللة فى أغلب الحالات ومختلفة جدا. وهناك أربع نقاط فقط تستحق الذكر (١) الطبلة وتجويف الأذن الوسطى غير موجودين غالبا ، (٢) الركاب ضامر غالبا أو غير موجود ، (٣) عظيمة ثانية ، (غطاء) يوجد غالبا فى الشباك المفتوح (٤) الحلمة القاعدية غالبا غير موجودة وحلمة برمائية خاصة تقوم بوظيفتها بدلا منها .




شكل ٣٦٠ — قطاع توضيحى فى الأذن الداخلية فى السلامندر الحلمة القاعدية غائبة هنا ولكنها توجد بالاضافة الى الحلمة الأمفيبيورية فى البرمائيات عديمة الذيل . ( عن بيرلت ) .

لكثير من الضفادع طبلة أذن وركاب تام التكوين ، ولكن الطبلة وتجويف الأذن الوسطى غائبين فى بعض البرمائيات اللاذيلية وفى كل أعضاء الرتبتين الأخيرتين . ولكي يصبح السمع مستطاعا فى هذه الحيوانات لا بد من استعمال عينات أخرى من الالتقاط كتلك الموضحة فى شكل ٣٥٩ ، الغطاء عبارة عن صفيحة مفلطحة وهو كما يظهر عقدة منفصلة من حائط الحافظة التى تنطبق فى الشباك البيضاوى بمصاحبة الركاب ، أو فى البرمائيات الذيلية حيث لا يوجد الركاب يشغل الغطاء كل الشباك البيضاوى . وتستبقى الضفادع فى الأذن الداخلية ( شكل ٣٦٠ ) الحلمة القاعدية ، ولكنها غير موجودة فى البرمائيات الذيلية ، وفى كلتا الحالتين توجد منطقة حساسة خاصة تسمى حلمة البرمائيات التى يظهر أنها تلعب دورا أساسيا فى السمع فى هذه الطائفة من الفقاريات . وكانت التراكيب السمعية على ما يظهر فى طور تجريبى لأسلاف رباعيات القدم . وكما هى الحال فى الصفات الأخرى اختارت أسلاف البرمائيات الحديثة مجموعة ذات ممرات أقل تقدما فى تطور الأذن من تلك الموجودة فى أقربائها القدامى التى أعطت الرهليات .

الفصل السادس عشر

# الجهاز العصبي

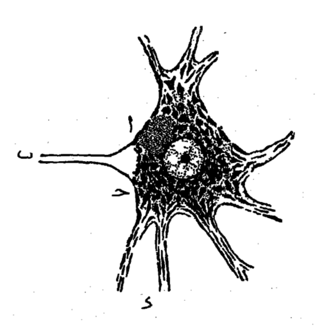
تستقبل الخلية المفردة نفسها فى البروتوزا ( الحيوانات وحيدة الخلية ) الاحساسات وتستجيب لها . اما الحيوانات الميتازوا ( عديدة الخلايا الراقية فتميل الى درجة متزايدة فى التمييز بين خلايا متخصصة فى استقبال الاحساسات ( المستقبلة ) وتلك التى تؤدى الاستجابة اللازمة ( المحدثة ) . وقد تبقى العلاقة بين هذين النوعين من الخلايا فى الحيوانات الدنيا بسيطة نسبيا . وتنبه الخلايا المستقبلة بنشاطها الفيزيقى والكيماوى جيرانها لتستجيب . وتبقى مثل هذه الطريقة البدائية فى التأثير حتى فى الفقاريات ممثلة فى انتشار او دوران الهرمونات . ولكن فى اغلب الميتازوا نجد فى الجهاز العصبى وسيلة خاصة سريعة مباشرة لاستقبال المؤثرات .

وقد يكون هذا الجهاز فى الميتازوا البدائية ، مثل الجوفمعويات ،عبارة عن شبكة من الخلايا والألياف تنتشر بين الأنسجة . ولكن فى معظم الحيوانات ــ والى درجات متفاوتة من التعقيد ــ يكون الجهاز العصبى اكثر رقيا فى التنظيم مع جذور عصبية ومراكز يتم فيها نقل المؤثرات بين الأليــاف . ويظهر فى معظم المجموعات مركز بسيط ــ مخ من اى نوع ، ويقع المخ فى المقدمة فى الفقاريات بالقرب من أعضاء الحس الكبرى مع حبل عصبى أجوف واحد ظهرى هو الحبل الشوكى الذى يمتد الى الخلف على طول الجسم . ويكون المخ والحبل الشوكى الجهاز العصبى المركزى . ويخرج منهما عدد من الاعصاب الزوجية توجد عليها عقد ( تجمعات من الخلايا العصبية ) ، وهذه الاعصاب والعقد تكون الجهاز العصبى الطرفى .

## العناصر التركيبية

الخلية العصبية : يحتوى الجهــاز العصبى على عــديد من اجسام الخلايا ، ولكن الأكثر وضوحا هى حزم من الالياف الرفيعة الطويلة التى تكون الكثير من حجم الجهاز ، وقد كان يظن فى وقت من الأوقات ان الألياف واجسام الخلايا كانت مستقلة بعضها عن بعض . وقد اصبح الآن واضحــا أن هذه ليست الحال ، وأن الالياف عامة هى استطالات من الخلايا وليست

تراكيب مستقلة ، وان الوحدة الأساسية للجهاز العصبى هى الخلية العصبية وتتكون كل منها من جسم الخلية ونتوءات طويلة أو قصيرة .



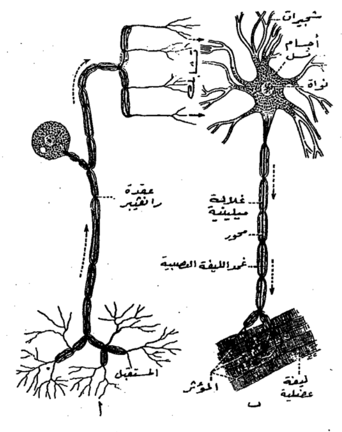

شكل ٣٦١ ــ جسم خلية من خلية عصبية حركية من النخاع الشوكى لثور . (أ) كتلة من الصبغيات . وعند (ب) توجد الزائدة المحورية ، منطقة من السيتوبلازم الرائق ( محور هيلوك ) (جـ) عند قاعدتها . الاستطالات الباقية (د) هى الشجيرات . كثير من السيتوبلازم ممتلىء بكثير من المواد الملونة ، اجسام نسل . وتحتوى النواة الكبيرة على مجموعة واضحة من الكروماتين ، النوية . ( عن هيريك بعد فون لنهويك ) .

وتوجد اغلب اجسام الخلايا داخل الجهاز العصبى المركزى . والشكل نجمى غالبا لوجود عدد من الزوائد . وتظهر التحضيرات الميكروسكوبية مع الصبغة المناسبة تراكيب مميزة مختلفة فى البروتوبلازم مثل ما هو مبين فى شكل ٣٦١ . والأكثر وضوحا هى أجسام نسل التى تحتوى على كمية كبيرة من الحمض النووى ، ويدل هـذا على أن جسم الخلية هـو « مـركـز التصنيع » ، لكل الخلية العصبية ، وان المواد التى تتكون هنا تذهب الى الزائدة المحورية والزوائد الأخرى . وفى الحيوان اليافع توجد ادلة ضعيفة جدا على انقسام الخلية العصبية ويدل هذا على خاصية من خصائص

الجهاز العصبى ، وهى أن التركيب العام للخلايا العصبية يتم حوالى وقت الولادة أو الفقس . وتبعا لذلك ( ولو ان زوائد الخلايا قد تتجدد ) اذا تلفت خلية عصبية نتيجة لضرر أو مرض كان معنى هذا فقدانا دائما لها .

**الألياف العصبية :** تمتد من جسم الخلية العصبية زوائد رفيعة تختلف كثيرا فى توزيعها واطوالها ، وغالبا ما يظن ان الخلايا العصبية المثالية هى التى تنتشر فى عضلات الجسم المخططة ( شكل ٣٦٢ أ ) . ولهذه الخلايا العصبية الحركية زوائد قصيرة ورفيعة وعديدة ومتفرعة تحمل المؤثرات الى الداخل الى جسم الخلية ، وتسمى هذه الزوائد بالشجيرات ، وذلك لأن منظرها يشبه الشجرة . ويوجد محور واحد سميك نسبيا وطويل ، وقد يكون طوله فى الحيوانات الكبيرة عددا من الياردات ، وهو يحمل المؤثرات بعيدا عن منطقة جسم الخلية . وثمة نوع ثان عام وهو ذلك الخاص بالخلايا العصبية الواردة التى تحمل المؤثرات الحسية الى الداخل الى الجهاز العصبى المركزى ( شكل ٣٦٢ ب ) . وتؤدى هنا الزائدة الطويلة من منطقة الاستقبال الى جسم الخلية المجاورة للحبل العصبى ، وكما توجد ايضا زائدة طولية ثانية تدخل الحبل العصبى تشبه فى تركيبها محور الخلية العصبية الحركية .

ومن الناحية الوظيفية اهم جزء فى الليفة العصبية الكبيرة هو جزؤها الوسطى أو الاسطوانة المحورية وهى استطالة من البروتوبلازم مستمرة مع جسم الخلية . ومظهرها متماثل فى المواد غير المصبوغة . ومع ذلك تبين الصبغات المناسبة أو الفحص بالميكرسكوب الالكترونى وجود عديد من الألياف العصبية الصغيرة الطولية التى تشبه الخيوط . وباستثناء دائريات الفم تكون كل الألياف الا الصغيرة جدا ، سواء أكانت مركزية أو طرفية مغطاة بغمد ميلينى من مواد دهنية . وعندما تتكون هذه الغلالة تماما تعطى مظهرا براقا لامعا للألياف ، وفى بعض الحالات ( كما فى الألياف خلف العقدية ، فى الجهاز العصبى الذاتى الذى سيوصف فيما بعد ) تكون الغلالة رفيعة ، أو قد تنتشر غلالة واحدة لتعطى عددا من الألياف الصغيرة . وفى مثل هذه الحالات لا تلاحظ بالطبع مثل هذه الغلالة ، ومن ثم نعتبر ( خطأ ) أنها غير موجودة . وفى حالة الألياف داخل النخاع الشوكى أو المخ تفرز العناصر الخلوية المدعمة القريبة غلالة كاملة . وفى الألياف الطرفية تتكون الغلالة من خلايا غلالية خاصة ( خلايا شوان ) وهى التى تلف نفسها حول الأجزاء العقدية للاسطوانة المحورية بطريقة تشبه لفة الجيلاتين الى حد ما .




شكل ٣٦٢ ــ نوعان من الخلايا العصبيـــة . أ ــ خلية عصبيـــة ( حسية ) واردة من الأعصاب الشوكية والمحية . استطالة تشبه المحـور تمتد من المستقبل الحسى الى جسم الخلية فى عقدة عصبية شوكية ومنها الى الحبل العصبى حيث يحدث التفرع . ب ــ خلية عصبية ( حركيـة ) صادرة وجسم الخلية فى الحبل ومحور طويل ( مختصر هنا فى الشكل ) يمتد حتى المؤثر ( ليفة عضلية ) . ( عن ميلارد ، كنج وشوير ) .

( الا أن الألياف عديدة ورفيعة جدا ) . وفى المسافات بين مناطق خلايا شوان المتالية تقاطع الغلالة الميلينة فى الألياف الطرفية حيث توجد عقد رانفيير ويوجد فى الأليـــاف خـارج الجهـــاز العصبى المـركـزى غطاء آخـر مستمر جامد وغير مرن يسمى غمد الليفة العصبية الذى يتكون أيضا من الخلايا الغلالية .

واذا قطعت ليفة يتلاشى الجزء البعيد عن القطع وقـد تظهـر على المنطقة القريبة وجسم الخلية مظاهر الضرر . وتتجدد الألياف الطرفيـة

غالبا وتنمو من عقب الجزء المقطوع المتصل بجسم الخلية ، ويساعدها كما يظهر فى اتخاذ نفس الطريق السابق وجود الخلايا الفلالية التى كانت تحيط بالاسطوانة المحورية السابقة . وقد يساعد قطع حزم الالياف تجريبيا فى المخ والحبل الشوكى وعن طريق الصبغات المميزة للالياف المتداعية فى تتبع العمل الصعب الذى تقوم به التراكيب « السلكية » المعقدة للجهاز العصبى.

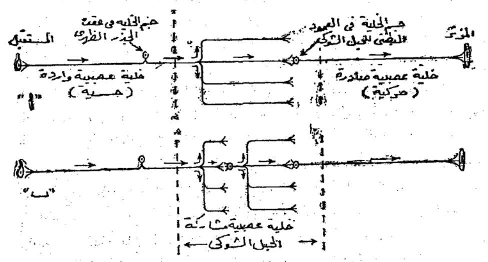
ويميل الانسان بالمماثلة الى مقارنة الارسال العصبى بسريان الكهرباء، ويمكن توضيح ذلك بأنه ما دام التأثير العصبى يسير فى « ليفة » يوجد تغير وقتى فى الجهد الكهربى على سطح « الليفة » « موجات من التسرب » تسير عبر الغشاء وتحدث تغيرات ايضية سريعة متتالية داخل الاسطوانةالمحورية، وتشبه هذه التغيرات تلك التى تحدث فى انقباض العضلات مسببة انطلاقا سريعا للطاقة . ومع ذلك فان السيال العصبى سريع الا أنه لا يمكن أن يقارن بسرعة الكهرباء . وتصل السرعة الى حوالى ١٠٠ ياردة فى الثانية فى اسرع الياف الفقاريات الثديية ، اما المجموعات الدنيا ، فان السرعة أبطأ فى متوسطها من ذلك ؛ ومن الواضح انه فى الحيوانات الكبيرة ( مثل الفيل ) فان الوقت الذى يمضى بين استقبال للمؤثر والاستجابة له حتى فى ابسط الأفعال الانعكاسية قد يجعل الترتيب بين الاثنين صعب .

وقد نذكر هنا باختصار اعظم صفات السيالات العصبية . وليس للسيال اسم ولا نوع ، وتعتمد طبيعة الاحساسات التى يشعر بها المخ على المراكز التى تستقبلها ، وليس على الاختلافات فى نوع السيالات المستقبلة ، وهل فى الامكان تغيير شبكة الأسلاك ، فاية سيالات من الأنف على سبيل المثال قد تعطى تأثيرا صوتيا اذا استقبلتها المراكز السمعية . ولليفةالعصبية القدرة على نقل السيالات فى اى الاتجاهين . والارسال فى اتجاه واحد موجود طبيعيا نتيجة للنظام الذى تتصل به الألياف ، فالخلايا العصبية من الناحية التشريحية موجهة . وكما هى الحال فى انقباض الألياف العضلية فانالسيال العصبى هو ظاهرة « الكل أو لا » . ومع ذلك فقوة السيالات تختلف عموما فى الأعصاب . وقد يوجد اختلاف فى عدد الألياف الفردية التى تتأثر . وأبعد من ذلك فان السيالات لا تأتى بالطبيعة مفردة وقد يكون التتابع السريع للسيالات ( كما بينا من قبل ) له التأثير المتجمع على « لوفة »عضلية على سبيل المثال .

**الاشتباك ( سينايس ) :** لا يمكن ابدا ان نقيس المسافة الكلية بين مستقبل حسى ، يدفع بالسيالات الحسية ، والعضلة او الغدة التى تتأثر به

بخلية عصبية واحدة ، اذ أن التأثير يحدث عن طريق سلسلة من الخلايا العصبية ، ودائما ما تكون خليتان أو أكثر فى الغالب . ونقطة الوصل بين خليتين متتاليتين تسمى بالاشتباك . وتوقيت السريان العصبى يبين أن عبور مسافة الاشتباك تستغرق مدة محددة تقدر بجزء صغير جهدا من الثانية . وهناك نظريات مختلفة عن طريقة عبور هذه الاشتباكات . ويعتقد أحد العلماء أنها كهربية عبارة عن « شرارة » تعبر المسافة ، كما يعتقد آخر — وهذا الرأى الأكثر قبولا الآن — أنها كيموية ، اذ تعطى الألياف كميات دقيقة من المواد — عادة أستيل كولين — تؤثر فى « الليفة » الثانية . وفى بعض المواضع الطرفية أصبح معروفا تماما أن مواد كيموية مثل — الخلط العصبى تتكون حقيقة ، ولكن الأمر لا يزال أقل وضوحا فى الجهاز العصبى المركزى.

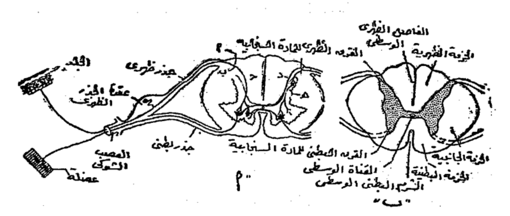
**القوس الانعكاسى** ( شكلى ٣٦٣ ، ٣٦٤ أ ) قبل أن نناقش التراكيب الأكثر تعقيدا لا بد ان نذكر الطبيعة العامة للنوع البسيط من العمل العصبى، وهو المسمى بالانعكاس الذى يشاهد فى بعض الحالات مثل سحب الرجل العارية من غير تفكير ، وذلك مثل تصرف الانسان عندما يطأ مسمارا أو مثل سحب الاصبع عندما يلمس موقدا ساخنا . وهنا يلتقط تأثير حسى من الخلايا المستقبلة أو أطراف الألياف الصغيرة ويتجه الى الجهاز العصبى المركزى بليفة عصبية طويلة واردة أو حسية . ويقع جسم الخلية فى الخلية العصبية الحسية التى تتبعها مثل هذه الليفة فى عقدة ملاصقة للحبل




شكل ٣٦٣ — شكل توضيحى يبين الانعكاسات البسيطة . المساحة الواقعة بين الخطوط المتقطعة هى جزء من قوس يقع داخل الحبل العصبى ( قارن شكل ٣٦٤ ) . أ — القوس الانعكاسى ذو خليتين عصبيتين . ب — حشرت خلية عصبية مشاركة تزيد من عدد الممرات المحتملة .

الشوكى أو المخ ، ولكن الليفة تستمر مباشرة تاركة العقدة الى الجهاز العصبى المركزى ، وهنا تتفرع طبيعيا لتتشابك مع مجموعة كاملة من الخلايا العصبية وتؤثر فيها . وعلى العكس قد تستقبل كل من هذه الخلايا العصبية مؤثرات من ألياف واردة حتى أن كمية كبيرة من التفاعلات قد تحدث بين المؤثرات والمستقبلات.

وفى أبسط الأفعال الانعكاسية قد تكون الخلايا العصبية المثارة هنا صادرة وعادة خلايا عصبية حركية توجد أجسام خلاياها فى الحبل الشوكى أو المخ وتمتد محاورها الطولية الى الخارج الى الأعضاء المتأثرة ( عادة ألياف عضلية ) . ولكن حتى الانعكاس البسيط قد يكون عادة أكثر تعقيدا بدرجة واحدة ويتكون من سلسلة من ثلاث خلايا عصبية . ولا تتشابك الألياف الواردة عادة مباشرة مع الخلايا الحركية ، ولكن مع الخلايا العصبية المشاركة التى توجد كلها فى الجهاز العصبى المركزى ، وترسل هذه مثل الألياف الواردة أفرعا تتصل مع عديد من الخلايا الحركية .




شكل ٣٦٤ ـ ا شكل توضيحى للحبل الشوكى والعصب فى الثدييات. يبين الممرات فى القوس الانعكاسى . ليفة حسية تدخل عن طريق الجذر الظهرى وقد ترسل افرعا ( ا ، ب ) أعلى واسفل الحبل الشوكى . وفى مستويات مختلفة قد تتصل الليفة الحسية مع الخلية العصبية الحركية فى نفس الجانب ( د ) أو مع الخلايا العصبية المشاركة ( هـ ) . ب ـ قطاع توضيحى فى الحبل الشوكى فى الثدييات يبين توزيع المادة البيضاء والمادة السنجابية والحزم . ( عن جاردنر ) .

وهذه تضاعف عدد الاستجابات المحتملة لمؤثر حسى ، وعلى العكس ، عدد المؤثرات الحسية التى قد تنتج تأثيرا حركيا . ومن المؤكد أن مؤثرا

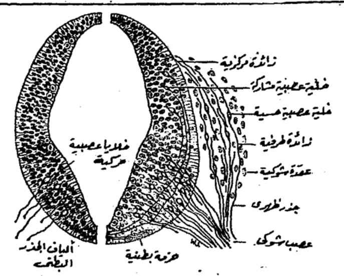
واردا واحدا لا يكفى لتنشيط خلية عصبية صادرة ، اذ ان التأثير يتم بجميع المؤثرات المستقبلة مسببا ظهور نظرية الاختيار . وعندنا هنا أدلة عن الطريق الذى تعمل فيه ميكانيكية المخ الاكثر تعقيدا من الأقواس الانعكاسية البسيطة - وخاصة من خلال تكوين مراكز مشاركة عالية مع تدخل عدد من الخلايا العصبية المشاركة التى قد تنتج تنوعات واسعة من التأثيرات الحسية ومنها قد تأتى اختلافات واسعة من الاستجابات .

## الأعصاب الشوكية

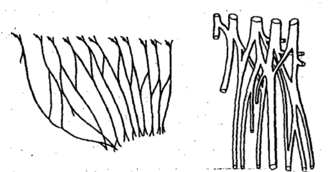
الجهاز العصبى الطرفى عادة بسيط التركيب . ويتكون أساسا من اعصاب تدخل تقريبا الى كل جزء فى الجسم - مجموعات من الألياف العصبية يغلفها نسيج ضام تحمل المؤثرات الواردة من النهايات الحسية الى الحبل الشوكى والمخ ثم تحمل الى الخارج التأثيرات الصادرة الى العضلات والغدد . وتشمل ايضا على العقد التى توجد على طول الأعصاب والتى تحتوى على اجسام الخلايا العصبية الحسية .

يوجد زوج من الأعصاب الشوكية المثالية ( شكلى ٣٦٤ أ ، ٣٦٥ ) فى كل عقدة جسمية ، ويوجد لكل عصب جذران ، الجذر البطنى ويستمر الى الخارج من الحافة البطنية للجدار الجانبى للحبل الشوكى . اما الجذر الظهرى فيه عقدة ظاهرة ويدخل الحبل الشوكى أعلى الجدار الجانبى . ويتحد الجذران فى أغلب الفقاريات ليكونا جذعا مشتركا تتفرع منه أفرع مختلفة . وسنهمل لوقت ما الفرع الذى يصل الى الأحشاء ، ويوجد عادة فرع ظهرى يذهب الى العضلات وجلد الظهر ، وفرع بطنى يذهب الى الأجزاء الجانبية والأجزاء البطنية من جدار الجسم والجذع العصبى وافرعه الكبرى تحمل كلا من الألياف الواردة والصادرة ، ويبين الجذران مع ذلك فاصلا حادا بين الوظائف . ويحمل الجذر البطنى اليافا حركية صادرة تقع خلاياها فى الحبل الشوكى ( شكل ٣٦٧ ) . وتحتوى الجذور الظهرية للأعصاب الشوكية المثالية للفقاريات العليا على الياف واردة فقط توجد اجسام خلاياها فى عقدة الجذر الظهرى .

وفى عقل كثيرة من الجذع يكون كل عصب شوكى تركيبا قائما بذاته يمد العضلات المحورية المتكونة من القطعة العضلية الخاصة بالعقلة ، كما يمد الجزء المقابل من الجلد . ومع ذلك فيوجد فى بعض المناطق وخاصة امام




شكل ٣٦٥ ــ قطاع فى الحبل الشوكى لجنين ثديى مبكر . على اليسار: تمتد المحاور الى الخارج من الخلايا العصبية الحــــركية . على اليمين : الخلايا العصبية الموصلة او المشاركة التى تتكون داخل الحبل الشوكى . وتتكون الخلايا العصبية الحسية خارج الحبل الشوكى من خلايا العرف العصبى ( قارن شكل ٦٤ ) وهــذه الخــلايا العصبيــة الحسية فى هــذا الطور ذات قطبين اى باستطالات قريبة وبعيدة منفصلة . واخيرا تلتحــم الاستطالتان فى الجهة القريبة فى الفقاريات العليا لتعطى حالة القطب الواحد فى الخلية العقدية الناضجة . ( عن آرى ) .



شكل ٣٦٦ ــ على اليسار ضفيرة من الاعصاب تمد الزعنفة الحوضية اليسرى فى الكيميرا تبين تبادل الألياف بين اعضاء مجموعات الاعصــــاب الشوكية المعنية . الجذران والعقدة الظهرية للاعصاب المعنية مبينة على الرسم . قاعدة الزعنفة اسفل الرسم . على اليمين: تكبير اكبر . الضفيرة الكتفية التى تمد الطرف الصدرى فى الثدييات . جذور الاعصاب غير مبينة . وافرع الحزم مقطوعة قبل نهايتها بقليل . الجذع الاكبر هو ذلك الخاص بالعصب الكعبرى الذى يمد معظم الساعد والقدم الامامية ، عدد الإعصاب المشتركة اقل مما هو موجود فى حالة زعنفة السمكة ولكن نظام الضفيرة معقد ( الشكل الأيمن جزئيا عن وولكر ) .

الأطراف الزوجية تتداخل فى أفرع الأعصاب الشوكية لتكون ضفائر (شكل ٣٦٦) ـ وتلك هى الضفيرة العضدية والضفيرة القطنية العجزية للأرجل الامامية والخلفية على التوالى . وكنتيجة لهذا نجد أن عضلات اية منطقة من الأطراف قد تمدها الياف من عدد من الأعصاب الشوكية .

**ثبات الامداد : العصبى ونمو العصب :** حتى فى ضفيرة الطرف المعقدة نجد أن هناك درجة عالية من الثبات فى نظام الامداد العصبى الى عضلة ما فى الحيوانات المختلفة ، ومن ثم ينشأ الاعتقاد ان الامداد العصبى خاصية مطلقة الثبات ـــ اى ان اية عضلة تمدها دائما وعلى طول خط تطورها نفس العناصر العصبية بنفس الممرات . ويوجد حقيقة ما يستحق الذكر مع ذلك ( ولو انه نادر نسبيا ) ، فهناك حالات لا يمكن التمسك فيها بهذا المبدأ . واية مناقشة لهذه المشكلة تؤدى الى ان ناخذ فى الاعتبار نمو العصب .

ومن الالياف العصبية الطرفية تنمو العناصر الصادرة من أجسام الخلايا الواقعة فى الحبل الشوكى الى الخارج فى اتجاه الخلايا التى تمدها . وكان الحبل الشوكى كذلك يحتوى فى أسلاف الفقاريات على الخلاياالواردة. وفى معظم الفقاريات تنشأ اكثر امثال هذه الخلايا من العرف العصبى فى الجنين ( شكل ٦٤ ) ثم تهاجر الى أسفل لتكون العقدة الشوكية وترسل اليافا الى الداخل للحبل الشوكى وكذلك الى الخارج نحو السطح . وينشأ فى منطقة الراس جزء من العقد من تثلظات ــ بلاكود ــ فى الاكتودرم على كل من جانبى الانبوبة العصبية والعرف العصبى المتكونين .

ولكن باية طريقة تنمو هذه الالياف الطرفية الى الخارج من الحبل الشوكى او المخ أو العقد لتصل الى الاعضاء النهائية حسية كانت او حركية؟ لقد افترض بعض البحاث أن هناك نوعا من التخصص ، علاقة مبهمة بين ليفة عصبية خاصة والعضو الخاص الذى تتصل به ، حتى انه يقال ان الليفة العصبية « تبحث عن قرينها » . وان هناك حقيقة درجة ما من المشاركة الخاصة ، حيث انه على سبيل المثال لا تتصل المحاور الصادرة بتراكيب حسية ولا تتصل كذلك الالياف الواردة بخلايا عضلية . ويبين اجراء التجارب مثل زرع برعم طرف السلامندر ان وجود مواد عضلية تجذب الألياف العصبية ؛ ولكن ليس من الضرورى ان تكون هذه الالياف هى التى ستمدها فيما بعد فى الحالة الطبيعية . وقد يظن بوجه عام ان الالياف تميل الى الاندفاع من الحبل الشوكى فى الممرات الأقل مقاومة فى التراكيب

الميكروسكوبية من المواد المحيطة . وتميل طوبوغرافية المنطقة فى الأجيال المتعاقبة لأن تكون نفس الشىء ، فان الألياف العصبية الناشئة تميل لاتخاذ نفس المسار ، ومن ثم ينشأ ثبات فى الامداد العصبى من غير ضرورة الى الادعاء بأن هناك تخصصا محكما .

**مكونات العصب وتركيب العصب الشوكى** ( شكل ٣٦٥ ) . من المفيد جدا فى دراسة كل من الجهاز العصبى المركزى والطرفى ان تدرس مكونات العصب . ويشير هذا الى أن كلا من انواع الألياف الواردة والصادرة من الممكن أن تنقسم الى مكونات جسمية وحشوية .والالياف الواردة الجسمية تحمل الى الداخل الاحساسات من الجلد والعضلات ـ المستقبلات الخارجية ومستقبلات الحس الخاصة كما يسميها العالم الفسيولوجى . أما الاليـاف الواردة الحشوية ـ من جهة اخرى ـ فتأتى بالمنبهات من التراكيب العصبية للمستقبلات الداخلية للمعى والتراكيب الداخلية الأخرى . وفى الجانب الحركى تتجه الألياف الصادرة الجسمية الى العضلات المخططة للمجموعة الجسمية فى القنـاة الخارجيـة للجسم والأطـراف . أما الاليـاف الصادرة الحشوية فتمد العضلات الحشوية فى منطقة المعى والعضـلات الملساء والغدد فى أماكن مختلفة . ولذلك توجد اربعة مكونات مثالية لأى عصب شوكى طبيعى ، وهى : مكونان حسيان يعبران الجذر الظهـرى ، واثنان من العناصر الحركية فى الجذر البطنى وتتحد المكونات الاربعة عنـد قاعدة جذع العصب ( شكل ٣٦٥ أ ) (١) .

وانه لمن الأهمية مع ذلك ـ عندما ننحدر فى السلم الفقارى ـ أن نجد الزيادة فى تحول هذا الجهاز المكون من اثنين اثنين . وهناك ميل نحو تمثيل حالة بدائية ( كما سيظهر ) اذ تظهر الألياف الحركية الحشوية عن طـريق الجذر الظهرى ، ومن ثم يصبح الوضع ثلاثة وواحد ( شكل ٣٦٥ ب ، ج )(٢) ويوجد حتى فى الثدييات دليل على ان بعض الألياف الحركيـة الحشوية تستعمل الجذر الظهري أكثر من الجذر البطنى فى خروجها ؛ والاليـاف الحركية الحشوية شائعة فى الجذر الظهرى فى البرمائيات والأسماك ذات

---

(١) الصحيح شكل ٣٦٧ أ ( المترجم )

(٢) الصحيح شكل ٣٦٧ ب ، ج ( المترجم )

الفكوك . وتتبع هذا كما يبدو اختلافات فى تركيب العصب الشوكى . وفى أغلب مجموعات الفقاريات يتحد الجذران الظهرى والبطنى تماما وبعيدا ويخرجان فى نفس مستوى الحبل الشوكى . ولكن الجذور فى الاسماك الدنيا تميل للتبادل فى أمكنتها . ولا يلتحم الجذران تماما فى القروش والجريثات . أما فى الجلكى فالجذر الظهرى والجذر البطنى لا يتصلان أبدا وهما عصبان منفصلان تماما ( شكل ٣٦٨ ) . وهذه بالطبع حالة بدائيـة وترتيب يقبله العقل . وتحمل الجذور البطنية هنا غالبا الالياف الحركية الجسمية التى تقع فى اتجاه قطع العضلات التى تمدها . أما الجذور الظهرية فتحمل كل الالياف الحسية ومعظم أو كل العناصر الحركية الحشوية ، ومن المعقول أن تتخذ طريقها خارجيا بين القطع العضلية . ولو أن هذه الحالة التى ذكرناها متحورة جدا فى أغلب الفقاريات باتحاد العناصر الظهرية والبطنية وتحويل المكون الحشوى الى الجذر البطنى نجد اليوم استبقاء لهذا الجهاز البدائى للأعصاب الظهرية والبطنية فى ترتيب بعض الأعصاب المخية .

## الجهاز العصبى الحشوى

يتكون الجهاز العصبى فى أسلاف الفقاريات البعيـده من جزئين منفصلين تقريبا : أولهما مجموعة من التراكيب السطحية المنظمة تنظيما بسيطا وهى التى تستجيب الى المؤثرات الخارجية . أما الجزء الآخر فشبكة من الخلايا والألياف حول المعى والأعضاء الداخلية الاخرى التى تستطيع تكييف نفسها مباشرة للظروف الداخلية . وقد أصبح الجزء الأكثر سطحية من الجهاز العصبى فى الفقاريات منظما جدا وظاهرا . ويبقى جهـاز المعى القديم . ويوجد ما يدل على أن المعى قد لا تزال تستجيب محليا الى المؤثرات الداخلية . ولكن بظهور الجهاز العصبى المركزى الخارجى ، أى المخ والحبل الشوكى : تميل هذه التراكيب الى التغلب على الجهاز العصبى للأحشاء والقضاء على استقلاله الى درجة كبيرة . وقد تكونت اتصـالات قوية فى الفقاريات العليا ، ويتم كثير من النشاط الحشوى عن طريق الحبل الشوكى ومـراكـز السرير التحتـانى فى المخ . ولـكن كمـا نعلـم جيـدا من خبرتنا الشخصية أن الاحساسات الحشوية والاستجابات الحركية لها لا تتصل عادة بالمراكز العليا فى المخ . ونحن نعلم القليل عما تحسه أحشاؤنا على أن قدرتنا على التحكم فيها ضعيفة .

وتتطلب ممرات الجهاز الحشوى الصادرة ملاحظة بسيطة . فمن النهايات الحسية للمعى تصعد الالياف الى الحبل الشوكى والمخ عن طريق جذوع عصبية حشوية خاصة ( مشروحة بعد ذلك ) ، أو من خلال العصب الحائر من الجهاز المخى الذى يمتد بطول المعى .

الجهاز العصبى الذاتى ( شكلى ٣٧١ ، ٣٧٣ ) . ستوصف فيما بعد بعض الممرات الحشوية الصادرة من المخ الى العضلات المخططة لجهاز الأقواس الخيشومية ، كما أن الألياف الصادرة التى تمد العضلات الملساء والغدد فى الجسم معقدة أكثر تركيبها . وتكون هذه الألياف الجهاز العصبى الذاتى نتيجة للطبيعة العامة فى سيطرتها الذاتية على انعكاساتها . والترتيب كما يلى : (*)

جهاز عصبى حشوى { وارد / صادر ــ ذاتى ــ { نظير السيمبتاوى / سيمبتاوى

ويختلف أسلوب وطبيعة الممرات الصادرة من الحبل الشوكى الى الأعضاء النهائية اختلافا ملحوظا عن ذلك الذى وصف مقدما للألياف الحركية الجسمية . وتستعمل السيالات الحشوية خليتين عصبيتين على التوالى : الأولى وهى الخلية العصبية قبل العقدية وتشبه عنصرا جسميا ، ويقع جسم خليتها فى الحبل الشوكى ، بينما يكون لمحورها غمد نخاعى واضح . وهذا المحور فى القطعة الجسمية التالية ــ بعد أن يترك الحبل الشوكى ويدخل الجذع العصبى ــ يتركه بعد مسافة قصيرة لينحدر الى الجهة البطنية فى فرع حشوى ( أو فرع موصل ) ( شكلى ٣٦٥، ٣٦٩ ) ويمتد مع ذلك فى جزء من طريقه بالعضو المستجيب عضلى أو غدى لأنه يدخل فى نقطة ما على طول ممره عقدة من الجهاز العصبى الذاتى . وهنا ينتقل السيال الى الخلية الثانية اى الخلية العصبية بعد العقدية

---

* توجد اختلافات كثيرة فى استعمال الاصطلاحات المعينة ، فالاسم « سيمبتاوى » قد عرفه مؤلفون مختلفون أ ) محدد كما هو هنا أو ب ) كمساو للذاتى أو جـ ) مساو لكل الجهاز الحشوى ( الخضرى ) وكلا الصادر والوارد . ولا يزال هناك اختلاف محير فى التسمية « ذاتى » تستعمل أحيانا لكل الجهاز الحشوى الوارد والصادر معا .

التى يستمر محورها ( غالبا بغمد قليل النخاع ) فى سيره حتى العضو النهائى . وتنتج هذه الخلايا العصبية بعد العقدية من العرف العصبى الجنينى ، وتنحدر على طول الأعصاب المتكونة .

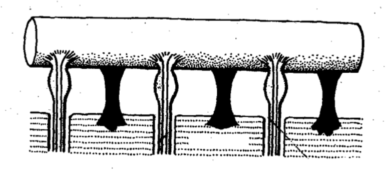
وتدل الدراسات التشريحية والفسيولوجية مشتركة فى الفقاريات العليا على أن الجهاز الذاتى يمكن أن ينقسم الى قسمين وهما : ١ – سيمبتاوى ( بالمعنى الضيق ) أو الجهاز الصدرى القطنى و ٢ – نظير السيمبتاوى أو الجهاز المخى العجزى ( شكلى ٣٧٠ ، ٣٧١ ) . وتستقبل كل الأعضاء المهمة امدادات زوجية من كلاالجهازين . ويختلف الاثنان فى الوظيفة والطبوغرافيا ( ولو أن الخلافات الوظيفية غير واضحة تماما ) وتميل اثارة الأعصاب السيمبتاوية الحقيقية الى زيادة نشاط الحيوان ، فتسرع الدورة الدموية وتقل عمليات الهضم ، وعلى العموم يصبح الحيوان مستعدا للقتال أو اللعب . أما عمل نظير السيمبتاوى من جهة أخرى فيميل الىتقليل النشاط وتنشيط الهضم والجانب الخضرى من الحياة . والخلايا العصبية بعد العقدية لكلا الجهازين تؤثر فى عضلاتها أو الأعضاء النهائية باعطاء سوائل عصبية من أطراف الألياف . والمواد المنتجة فى الجهاز السيمبتاوى هى



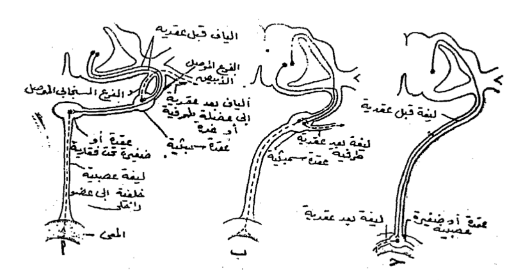

شكل ٣٦٧ – شكل توضيحى يبين توزيع مكونات الأعصاب فى الجذور الشوكية الظهرية والبطنية . الجذور الحسيةالجسميةغيرمخططة.الجذور الحسية الشوكية مخططة ، الحشوية الحركية منقطة . الحركية الجسمية سوداء أ – الحالة فى الانسان الجذر الظهرى حسى فقط وغالبا كل الألياف الحركية موجودة فى الجذر البطنى . ب – نوع أكثر بدائية وعام فى الفقاريات الدنيا . تخرج بعض الألياف الحركية والحشوية من خلال جذر ظهرى . جـ – حالة بدائية ممكنة . الجذر الظهرى والبطنى أعصاب منفصلة . الألياف الحركية والحشوية جزء من العصب الظهرى والعصب البطنىحركىجسمى فقط . ( قارن شكل ٣٦٨ ) .

نورادرينالين والأدرينالين ، كما تنتج هرمونات اخرى ( كما هو مبين فى الفصل ١٧ ) بواسطة غدة الأدرينالين ( او الكظر ) . اما فى حالة نظير السيمبتاوى فتنتج المادة الكيميائية المعروفة استيل كولين ولا تزال توجد فقط من الاختلافات من الوجهة التشريحية . ففى الثدييات يكون سيلان السيمبتاوى من المناطق الصدرية والقطنية للحبل الشوكى ، اما الياف نظير السيمبتاوى فتصاحبها الأعصاب المخية - وخاصة الحائر - بالاضافة الى سيال ثان فى المنطقة العجزية . وثمة خلاف تشريحى آخر يظهر فى الحقيقة أن الانتقال الى الخلية العصبية الثانية فى السيمبتاوى يحدث فى عقدة ملاصقة للعمود الفقارى او بعيدا فى الساريقا الظهرية ، ولا يبتعد كثيرا من تحته ، فى حين تستمر الخلية العصبية الأولى فى الجهاز السيمبتاوى كل الطريق من المخ او الحبل الشوكى الى عقدة فى العضو المعنى او ملاصقة له .

ويظهر أن اكثر تكوين الجهاز الذاتى المعقد الذى يرى فى الثدييات قد اخذ مكانه بالتدريج فى الطريق العلوى فى تطور الفقاريات . ففى الأسماك كاملة التعظم وكل رباعيات القدم تدخل الافرع الحشوية لأعصاب الجذع عقد السلسلة السيمبتاوية التى تمتد طوليا على كل جانب من العمود الفقارى معطية خلايا عصبية ثانوية الى المناطق الطرفية وخاصة الأوعية الدموية ولا يوجد مثل هذا التركيب فى الأسماك الدنيا . ولا يوجد فى **الفقاريات**



شكل ٣٦٨ - شكل توضيحى للحبل الشوكى والاعصاب للجهة اليسرى فى الجلكى كما ترى من الظهر ( النهاية الامامية على اليسار ) لتبين التنظيم التبادلى للأعصاب الشوكية الظهرية والبطنية تبعا للفراغات البين عضلية والقطع العضلية . مكونات الاعصاب مبينة كما فى شكل ٣٦٧ .




شكل ٣٦٩ ــ قطاعات عرضية توضيحية تبين ممر الألياف الذاتية . ا ــ التفرع السيمبتاوى ( صدرى قطنى ) فى حيوان ثديى مع عقدة ذاتيــة فى كل من السلسلة الجانبية وفى مكان تحت فقرى . الألياف قبل العقدية قد تتتابع فى أى من الاتجاهين وتستمر اما للتراكيب السطحية عن طريق جذوع العصب الكبير أو الى الأحشاء فى كلتا الحالتين مع خلية عصبية بعد عقدية . ب ــ التفرع السيمبتاوى كما يرى فى كثير من الفقاريات الدنيــا . يوجد تكوين ضعيف للسلسلة السيمبتاوية ولا تتميز العقد الى مجموعتين ، الألياف الى التراكيب الطرفية تستمر مستقلة أو مع اوعية دموية ، واكثر مما تكون مع جذوع الأعصاب الكبيرة ( الجسمية ) . جـ ــ طريق الألياف فى الجهاز نظير السمبتاوى . الألياف قبل العقدية تعمل كل المسير من الحبل الشوكى الى المخ الى منطقة فى ــ أو بالقرب من ــ الأعضاء المعنية حيث توجد متابعة الى خلية عصبية قصيرة بعد عقدية .

الدنيا مثل القروش ( شكل ٣٧٣ ) انقسام منطقى بين نوعى السيمبتاوى ، ونظير السيمبتاوى ، وقليل نسبيا من الجهاز ذو أمداد عصبى مزدوج .

## الأعصاب المخية

توجد مجموعة خاصة من الأعصــاب المختلفة فى منطقـــة الراس ومن الصعب مقارنتها عند النظرة الأولى باعصاب الجسم ( شكل ٣٧٢ ) . ولقد درست هذه الأعصاب لأول مرة فى الانسان واعطيت أسماء واعدادا تبعا لأمكنتها

ووظائفها . ولو انه كما سنرى : لاينطبق النظام الموجود فى الانسان على كل الحيوانات ، ولكننا سنقدم الأعصاب المخية بعمل قائمة لها :

I الشمى : ــ حسى من الطلائية الشمية .

II البصرى : ــ حسى من العين .

III محرك العين : ــ يمد أربعا من عضلات العين الست .

IV البكرى او الاشتياقى : يذهب الى العضلة المنحرفة العليا ( وتسمى احيانا بالعضلة المحركة للعين ) .

V التوامى الثلاثى : ــ عصب كبير له ثلاثة افرع تأتى بالاحساسات الجسمية من الراس مع الياف حركية لعضلات الفك .

VI معبد العين : ــ الى العضلة المستقيمة الخلفية (التى تبعد العين ) .

VII الوجهى : ــ حسى جزئيا ، ولكنه اساسا مهم فى الشدييات ، اذ انه يمد عضلات الوجه .

VIII السمعى : ــ حسى من الأذن الداخلية .

IX اللسانى البلعومى : عصب صغير ، حسى اساسا يمد ( كما يدل الاسم) اكثر أللسان والبلعوم .

X الحائر : عصب كبير حسى وحركى ( وكما يدل الاسم ) لايقيد نفسه بمنطقة الراس ، ولكنه يستمر الى الخلف ليتفرع فى كثير من الأحشاء ــ القلب ، والمعدة وهكذا .

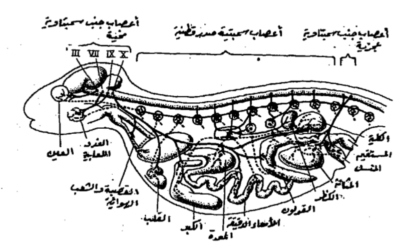
XI الاضافى : عصب حركى مساعد للحائر .

XII تحت اللسانى : عصب حركى لعضلات اللسان .

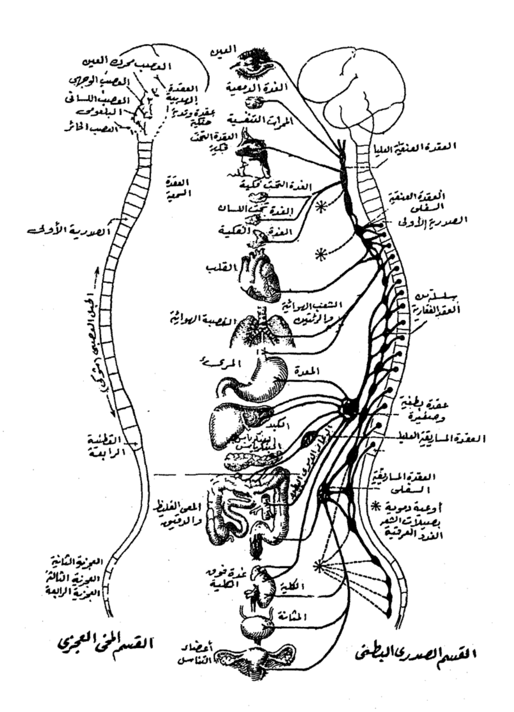
ويستطيع الانسان بصعوبة تذكر مثل هذه القائمة للأعصاب المخية ووظائفها . ولكن لا يستطيع من يهتم بالجهاز العصبى أن يقف عند هذه النقطة . فهنا مجموعة من الأعصاب العجيبة فى انواعها والتى تبدو كأنها موزعة بلا نظام ، ولا يستطيع الانسان الا أن يحاول ان يعرف شيئا عنها ،

وهل هناك معنى خاص فى توزيعها ؟ فهل يمكن جمعها فى أى نوع من الأنواع الطبيعية ؟

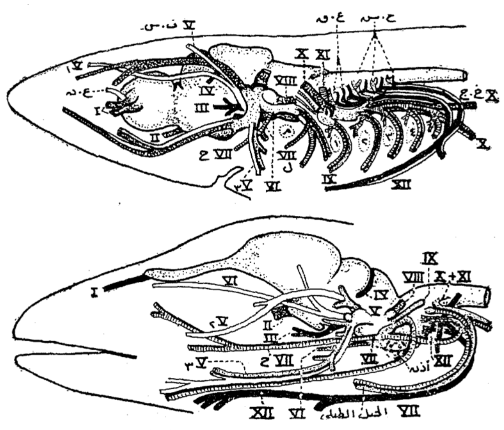
ويقع مفتاح التقسيم فى اعتبـــار مكونات العصب ( قارن جدول ٣ ) . وقد أوضحنا انه فى المنطقة خلف المخية توجد أربعـــة أنواع من تراكيب الأعصاب . وهذه كذلك ممثلة فى منطقة المخ ، ولكن بالاضافة الى ذلك فان الأعصاب الى الأنف والعين والأذن تكون مجموعة حسية جسمية خاصـــة ، وتوجد فى الجانب الحشوى أنواع خاصــــة بين كلا من المكونات الحســـية والحركية ، وتعتبر الياف الذوق كمكونات حسية حشوية خاصة ، ولا يشبه الامداد العصبى للعضلات الحشوية المخططة للفكين ومنطقة الخياشـــيم




شكل ٣٧٠ ــ شكل توضيحى يمثل الجهاز العصبى الذاتى فى حيوان ثديى . مبين فقط جزء من العدد الحقيقى لعقل الجسم . تكونت سلسلة سيمبتاوية تسمح بتبادل الألياف بين العقل . العقد السيمبتاوية ممثلة بدوائر . والأعصاب القصيرة الخارجية منها تمثل أفرعاسنجابيةتربطجذع العصب العقلى الرئيسى وتمتد الى التراكيب الطرفية . ويوجد هنا تصنيف مناطقى للأعصاب الذاتية الى عناصر جنب سيمبتاوية متصلة بالأعصاب المخية والعجزية وأعصاب سيمبتاوية تنشأ من عقل الجذع . والجهـــازان متراكيان تقريبا تماما . وكلاهما يصل تقريبا الى كل عضـــو فى الجهـــاز السيمبتاوى . المتابعة الى الألياف بعد العقدية تتم فى العقد السيمبتاوية للتراكيب الطرفية وتلك التى فى الرأس والصدر . أما المتابعة الى أحشاء البطن فتتم فى مجموعة من العقد ــ البطنية والمساريقا العليـــا والمساريقا السفلى ــ التى تقع فى الجهة البطنية أكثر . الأعصاب أو الألياف قبـــل العقدية بخطوط مستمرة أما بعد العقدية ممثلة بخطوط متقطعة .




شكل ٣٧١ ــ الجهاز العصبى الذاتى فى الانسان . على اليسار الجهاز جنب السيمبتاوى وعلى اليمين الجهاز السيمبتاوى ( عن ميلارد ) .



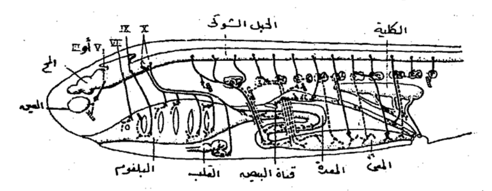
شكل ٣٧٢ ــ اعلى : شكل توضيحى لتوزيع ومكونات الأعصاب المخية للقرش ( اسكوالس ) . اسفل :شكل توضيحى لتوزيع ومكونات الأعصاب المخية فى سحلية ( أثوليس ) . الأعصاب الحسية الجسمية ( I ، II ) والخط الجانبى VIII ) . المكونات الحسية الجسمية ( خطوط بيضاء ) . الأعصاب الحشوية ( شرط بالعرض ) . والأعصاب الحشوية الحركية ( شرط ) . الأعصاب الحركية الحسية ( أسود ) . تدل الأعداد الرومانية على الأعصاب المخية . ١ ــ فمى ، ٢ ــ لامى فكى ، ٣ ــ الخط الجانبى ، ٤ ــ اعصاب قفوية ، ٥ ــ البصرى السطحى ، أ ــ حنكى ، ٧ ــ مكان المتنفس ٨ ــ الأعصاب الشوكية الامامية ، ٩ ــ عصب نهائى. ١ ــ ٤ مكان الفتحات الخيشومية V . ــ الفرع البصرى ( الغائر) للتوامى الثلاثى. ــ $V_2$ الفرع الفكى $V_3$ . ــ الفرع الضبى للتوامى الثلاثى VII . ــ الفرع الحنكى للوجهى ، ــ XII جذع متكون من اتصال العصب القفوى والشوكى الأمامى المقابل لتحت اللسانى فى الرهليات . فى الأسكاوالس مكونات جسمية حسية خاصة من ) VII ، X = أعصاب الخط الجانبى .

( الاسكوالس عن نوريس وهوخس ــ بيانات الأنوليس من وبلارد واتكنسون ) .

الجهاز العصبى الذاتى بل يكون نوعا حشويا حركيا خاصا . ولقد راينا انواع المكونات كما هو مبين بالجدول . ويمكن ان تقسم الاعصاب المخية الى ثلاثة انواع التى تبين التمييز الواضح بالنسبة للمكونات الموجودة ( كما هو مبين من الخطوط المزدوجة ) . وهذه الانواع هى : (١) اعصاب حسية خاصة من النوع الجسمى ـ واعصاب الخط الجانبى و ( ٢ ) جذر ظهرى واعصاب خيشومية تحتوى على مكونات حسية ومكونات حركية حشوية خاصة تختص بالمنطقة و (٣) اعصاب الجذور البطنية وتحتوى بنوع خاص غالبا على الياف حركية جسمية . ويختص القسم اول بمنطقة المخ ، فى حين يقارن القسمان الآخران بالجذور الظهرية والبطنية للأعصاب الشوكية فى الفقاريات الدنيا وخاصة بالأعصاب الظهرية والبطنية المنفصلة التى ترى فى الجلكى كما توجد فى السهيم كذلك .

**الأعصاب الحسية الخاصة :** فى كل الفقاريات تمد الأعضاء الحسية الأساسية الثلاثة ( الأنف والعين والأذن ) اعصاب خاصة ، كما نجد ايضا فى الفقاريات البدائية المائية جذوع اعصاب خاصة لأعضاء الخط الجانبى .

الشمى I ـ وكما ذكر من قبل ص ٥١٣ فان العصب الشمى ليس




شكل ٣٧٣ ـ شكل توضيحى يمثل الجهاز الذاتى فى القرش وكما فى شكل ٣٧٠ مبين جزء بسيط من العدد الحقيقى لعقل الجسم ومبين ايضا « عينات » من انواع الامدادات العصبية فى الأحشاء البطنية والأوعية الدموية . العقد السيمبتاوية فى الجذع متكونة ومبينة على شكل دوائر بيضاء . وتصحبها غالبا اجزاء بولية ( منظمة ) . لا يوجد تكوين لسلسلة سيمبتاوية ، ولا يوجد تكوين لفرع سنجابى للتراكيب الطرفية . ولا يوجد تقسيم مناطقى الى سيمبتاوى وجنب سيمبتاوى ( قارن شكل ٣٧٠ ) . الأعصاب الذاتية قبل العقدية ممثلة بخطوط مستمرة بينما الأعصاب أو الألياف العقدية مبينة بخطوط متقطعة ( محور عن ينج ) .

عصبا مثاليا . لأن الياف تأتى من الخلايا الحسية للأنف وتمتد داخليا الى المخ اكثر مما تمتد الى الخارج . وفى الثدييات ( بعكس كثير من الفقاريات الدنيا ) لايكون العصب الشمى عصبا متكونا ، ولكنه عبارة عن عدد من حزم الياف مستقلة بذاتها الى الخلف من خلال الصفيحة الغربالية ، وفى الحيوانات التى بها العضو الأنفى الميكعى تام التكوين يتكون فرع قائم بذاته لامداده .

**البصرى II** ولقد وصف هذا من قبل ، كما هى الحال فى الشمى ليس عصبا مثاليـا لأن اليـافه تمتـد داخليا من الخلايا العقـدية للشبكية . وكما رأينـا من قبـل فهو ليس عصـبا حقيقيا تماما ولـكنه ممر مخى خاص .

**السمعى VIII** وهو عصب طبيعى اكثر من السـابقين ، يمد الأذن الداخلية وتنتج اليافه من خلايا العقد الحقيقية ، ولو أن هذه تقع جزئيا على الجانبين بالقرب من التراكيب الحسية .

**اعصاب الخط الجـانبى** ( قارن شـكل ٣٤٧ ) لقـد اوضـحنا ان أعضاء الخط الجانبى تتبع تماما الحاسة السمعية ، ومن ثم فمن المعقول ان نجد أن اعصاب هذه التراكيب تصاحب تماما العصب السمعى ، ويوجد فى الاسماك عصبان كبيران للخط الجانبى ينشآن من النخاع امام وخلف العصب السمعى . ويمد العصب الأمامى أكثر اعضاء الخط الجانبى للرأس ، امـا الخلفى فيمد الحلمات الحسية للمنطقة القفوية والجذع . والعنصر الأمامى يصاحب العصب الوجهى ، وأغلب أو كل العصب الخلفى يبرز مع الحائر . ويعتبر الاثنان أحيانا كأجزاء من الأعصاب التى تصاحبها ، ولكن المشاركة هنا كوسيلة من الملائمة تقريبا ؛ اذ ان اعصاب الخط الجانبى اساسا تراكيب مستقلة .

**الأعصاب الخيشومية :** لقد أوضحنا أن الجذور الظهرية والبطنيـة للأعصاب كانت اعصابا محددة بدائيا ، وان الأعصاب الظهرية لا تحمل فقط كل المكونات الحسية ولكن ايضا العناصر الحركية الحشـوية كذلك . واذا فحصنا الجدول (٣) نجد ان مجموعة كبيرة من الاعصاب يظهر انها تتبـع

لهذا النظام الظهرى ــ ليست بها عناصر حركية جسمية . وتحتـــوى على الياف حسية وتشتمل معظم اجزائها على مكونات حركية حشوية كذلك . وتتضمن هذه المجموعة على العصب النهائى والعصب الغائر والتوامى الثلاثى الاصلى والوجهى واللسانى بلعومى والحائر ( شكل ٣٧٤ ) . وتختلف مجموعة الجذور الظهرية للأعصاب المخية مع ذلك فى نقطة كبيرة واحدة عن الجذور الظهرية للجذع ، لانها تمد منطقة الفتحات الخيشومية ومرتبة بدائيـــا كأعصاب خيشومية بنظام عقلى يتبع توزيع الخياشيم . والعصب اللسانى البلعومى فى الأسماك ( شكل ٣٧٥ ) هو عضو نموذجى لهذه المجموعة . وهو يصحب بدائيا الفتحة الخيشومية الأولى المثالية ويتحور جذعه الرئيسى خلف الفتحة كفرع خلف الفتحة ، ويوجد بالاضافة الى ذلك فرع صغيرأمام الفتحة ، وفرع خيشومى يصل الى سقف البلعوم ، كما يوجد فرع ظهرى ( قد يكون غالبا ) يمتد الى الجلد . وللفتحات الخيشومية فى الاسماك عامة خلف الفتحة الأولى أعصاب مماثلة ، ولكنها تتصل كلها مع المخ عن طريق عصب مركب كبير واحد هو الحائر . وفى اقصى الأمام فى أسلاف الفقاريات كانت توجد ثلاث فتحات خيشـــومية طبيعية مع اعصـــاب مثالية تقـــابل اللسانى البلعومى . ولكن فى كل الحيوانات المعـــاصرة قد ســـبب التحور الخاص لمنطقة الفك تخصصات واضحة فى أعصاب هذه المنطقة .

**العصب النهائى** : فى حيوانات كل طائفـــة من الفقـــاريات ما عدا دائريات الفم والطيور يوجد عصب دقيق يمتد من المخ الى التجويف الأنفى، ولكنه ليس شميا ، ولكنه كما يظهر حسى فى طبيعته . ومن المحتمل أن يكون بقايا عصب فى اقصى المقدمة من هذه المجموعة التى كانت تمد منطقـــة الفم بدائيا .

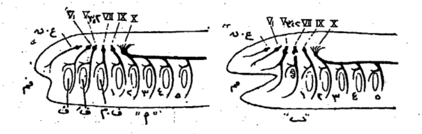
**العصب الغائر** $V_1$ : العصب البصرى الغائر فرع سميك يستقبـــل الاحساسات الجسمية من منطقة البوز . ويشترك فى الثدييات مع التوامى الثلاثى تماما ، ويعتبر كالفرع الاول من جذوعه الثلاثة . ولكن فى الفقاريات الدنيا غالبا ما يكون مستقلا تماما . ويظهر انه كان فى مصفحات الجلدالقديمة عصب خيشومى كامل مثالى يصاحب الفتحة الخيشومية التى فقدتعندما امتدت فتحة الفم .

**العصب التوامى الثلاثى** $V_2 V_3$ المعتقد ان العصب التوامى الثـــلاثى الحقيقى يصاحب الفتحة الخيشومية الثانية الموجودة فى مصفحات الجلد

ولكنه قد فقد مثل الأول عندما امتدت فتحة الفم عند تكوين الفكوك ، وقد بقى مع ذلك بعكس الغائر واضح التكوين تماما ، ويمد عضلات الفك كما أن له مكونا حسيا جسميا . ويوجد له فرعان أساسيان الفكى والضبى ، ويقارنان بالأقرع قبل وبعد الفتحة لأعصاب الخياشيم الخلفية أكثر .

**العصب الوجهى** VII هذا هو العصب الحقيقى لفتحة شبه الخيشوم ( المتنفس ) ، وله فى الأسماك عادة تركيب العصب الخيشومى الطبيعى . وقد أوضحنا مقدما أن العضلات الأساسية لهذا القوس فى الثدييات قد انتشرت فوق الرأس والوجه كعضلات التعبير . وسمى العصب الوجهى بهذا الاسم نتيجة لهذه التفرعات .

**العصب اللسانى البلعومى** IX وكما وضح من قبل فان هذا العصب الصغير يختص فى الأسماك بالفتحة الخيشومية الأولى ويبقى صغيرا وغير مهم فى رباعيات القدم .

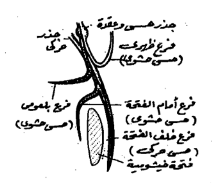



شكل ٣٧٤ ــ أشكال توضيحية تبين توزيع الأعصاب الخيشومية ( جذور ظهرية ) المخية أ ــ حالة بدائية نظرية بأعصاب مثالية لكل من الفتحتين الخيشوميتين المفقودتين فى الفقاريات ذات الفكوك والعصب النهائى الى النهاية الأمامية للرأس . ب ــ الحالة فى الأسماك ذات الفكوك . فم ــ الفم . ف ، ف ــ الفتحتان الخيشوميتان المفقودتان فى الفكيات . ف . م ــ فتحة شبه الخيشوم ( المتنفس ) . ع . ن ــ عصب نهائى . ١ ــ ٥ فتحات خيشومية مثالية فى الفكيات .

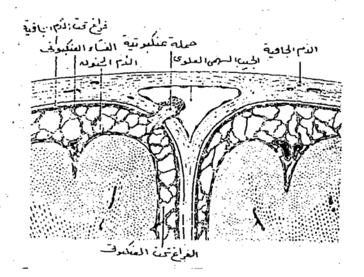
| نوع العصب | حسي خاص | خيشومي (ظهري) | | | | | بطني |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| المكونات | حسي جسمي خاص | حسي جسمي عام | حسي حشوي عام | حسي حشوي خاص | حركي حشوي خاص | حركي حشوي ذاتي | جسمي حركي |
| عصب نهائي | | س | | | | | |
| « شمي | س | | | | | | |
| « بصري | س | | | | | | |
| « محرك العين | | | | | | (س) | س |
| « البكري | | | | | | | س |
| « الغائر | | س | | | | (س) | |
| « التوأمي الثلاثي | | س | | | س | | |
| « مبعد العين | | | | | | | س |
| « الوجهي | ب | (س) | س | س | س | س | |
| « السمعي | ا | | | | | | |
| « اللسانى بلعومى | ب | (س) | س | س | س | س | |
| « الحائر والإضافي | ب | س | س | س | س | س | |
| « تحت اللسان | | | | | | | س |

ألياف مستقبلات الحس الخاصة ( حس العضل ) غير مبينة . ب ـ المكونات الحسية الجانبية فى الفقاريات الدنيا(فى س الحائر وحده فى البرمائيات) ا . المكون السمعى للجهاز السمعى الجانبى . المكونات داخل الأقواس مختلفة أو مهملة . المناطق الثلاث بين خطين مزدوجين رأسيين تشير الى المكونات الحقيقية الى كل من انواع الأعصاب الثلاثة . وباستثناء الوجود العادى للألياف العصبية الذاتية المصاحبة للعصب محرك العين الاختلافات مهملة .

**العصب الحائر** X, XI وهذا هو اكبر واكثر الأعصاب المخية تقلبا . والذى يسمى بالعصب الاضافى فى الثدييات هو اساسا جذر حركى خلفى للحائر . ويوجد عادة فرع حسى جلدى صغير ، ولكن الحائر هو أساسا عصب حشوى . ويمد الحائر فى الأسماك كل الأقواس الخيشومية الموجودة خلف الخيشوم الأول المثالى . ويمتد بالاضافة الى ذلك فرع حشوى قوى الى الخلف على طول المعى كعنصر كبير فى الجهاز العصبى الذاتى .




شكل ٣٧٥ ـ شكل توضيحى نبين تركيب العصب الخيشومى المثالى مثل اللسانى البلعومى فى الاسماك المكونات العصبية الثلاث ملونة كما فى اشكال ٣٦٧ و ٣٧٢ .




شكل ٣٧٦ ـ قطاع عرضى فى جذع من مخ الثدييات ليبين اغلفة المخ القطاع مأخوذ فى الفاصل المنجلى المخى بين النصفين الكرويين المخيين . الجيب الطولى العلوى ممر وريدى واضح يتبع ممرا طوليا الى الخلف بين النصفين الكرويين . قطاعات فى الأوعية الدموية الصغيرة تشاهد فى الأغلفة والمخ . التجويف تحت العنكبوتى يشغله السائل المخى الشوكى . الخمائل العنكبوتية تعطى وسيلة دقيقة فى نقل المواد بين هذا السائل والدم (عن ويد) .

**الأعصاب الحركية الجسمية** : الاعصاب فى هذا النوع من المجموعة الانسانية ـ تقارن تماما فى اغلب النقاط بالجذور البطنية

البدائية للأعصاب الشوكية . وتتكون غالبا من الياف جسمية حركية وتمد العضلات المخططة التى تنتج من عقل الجسم . وتوجد محاولات لترتيب هذه الأعصاب مع أعضاء المجموعة الخيشومية كأعصاب ظهرية وبطنيـة فى مجموعات عقلية فردية ولكن اعتقد أن هذه المحاولات لا تؤدى الى نتيجـة لأن التعقيل الذى تتصل به الأعصاب الجسمية هو ذلك الخاص بالعقـل الجسمية ، بينما التعقيل الذى تتبعه الأعصاب الخيشومية هو ذلك الخاص بالفتحات الخيشومية ولا يوجد دليل على أن هناك عـلاقة بين مجمـوعات العقل والفتحات الخيشومية .

**اعصاب عضلات العين ( محرك العين والبكرى ومبعد العين )** III، IV، VI

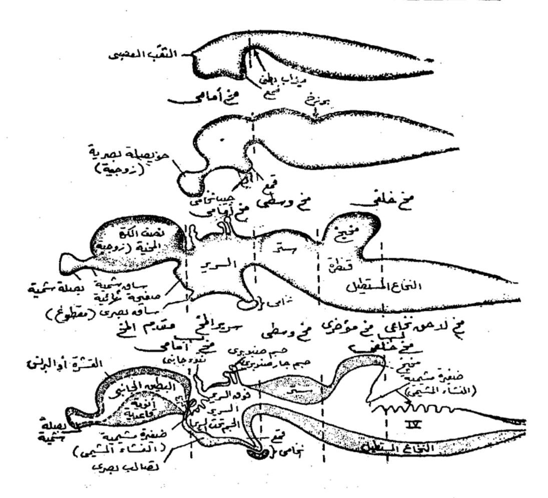
هـــذه الأعصــــاب الصـــغيرة تمد عضـــلات العين التى تنتج من عقل الراس الثلاث والعصب البـكرى الصــغير غـير عادى فى انه ينحنى الى اعلى داخل مادة ساق المخ ويبرز الى الجهة الظهرية ليمد عضلات الجانب المواجه من الراس .




شكل ٣٧٧ ــ شكل توضيحى يبين توزيع الأعمدة الحسية والحركية. العمود الحسى الجسمى المشترك ( غير مخطط ) . حسى حشوى ( أسود ) . عمود حركى حشوى ( منقط ) . حركى جسمى ( مخطط ) .

أ ــ الحبل الشوكى فى الحيوان اليافع لبعض الفقاريات الدنيا .

ب ــ النخاع المستطيل الجنينى . الحبل الشوكى يبين نظاما مماثلا للأعمدة صفيحة الأنسجة التى تقع تحت الميزاب المحدد تسمى صفيحة القاع ومن هذه تنشأ المراكز الحركية . المنطقة الحسية فوقها هى « الجناح » أو الصفيحة الجناحية ( جزئيا عن هيريك ) .




شكل ٣٧٨ ــ أشكال توضيحية تبين تكوين وتركيب أقسام المخ الرئيسية .

أ ــ مقدم المخ فقط ( المخ الأمامى البدائى ) محدد عن بقية الأنبوبة العصبية . ب ــ الأقسام الأساسية الثلاثة متكونة . جـ ــ منظر جانبى لحالة أكثر تقدما . د ــ قطاع وسطى فى نفس الحالة ( جزئيا عن بوتشلى ) .

**العصب تحت اللسانى XII** فى الاسماك ( وخاصة بين القروش ) تكون النهاية الخلفية للجمجمة ــ ومن ثم مجاميع الأعصاب المخية ــ ليست نقطة محددة ؛ لأن المنطقة القفوية تتكون من عدد مختلف من الفقرات . ويوجد تبعا لذلك عدد مختلف من الأعصاب القفوية التى هى أساسا أعضاء أمامية من مجموعات الجذع ؛ ولكنها تميل لفقد جذورها الظهرية وتمد أساسا العضلات التى تتكون من عقل المنطقة القفوية . وقد استقرت الحالة فى البرهليات فيوجد خلف الحائر ( والاضافى ) عصب مخى أخير هو العصب

تحت اللسانى ، وهو يتكون غالبا من ثلاث جذور بطنية يظهر انها تمثل ثلاث قطع جسمية ملتحمة لتكون المنطقة القفوية ، ولا يوجد العصب تحت اللسانى فى البرمائيات الحديثة ، ولكن توجد أدلة حفرية تبين انه كان موجودا فى البرمائيات الأولى كوراثة مباشرة من الأعصاب القفوية فى السمكة . ( من هذه الوجهة كما من وجهات اخرى البرمائيات الحديثة متحللة اكثر مما تكون بدائية ) . وقد أوضحنا أن القطع العضلية للمنطقة القفوية العامة تهاجر فى الجنين الى الخلف والى أسفل حول منطقة الخياشيم لتكون العضلات تحت الخيشومية فى الأسماك وعضلات اللسان فى رباعيات القدم(شكل ١٧٩) وجذوع الأعصاب القفوية فى الأسماك تتبع العضلات فى هذه الحركة ، وفى الزهليات يتبع العصب تحت اللسانى ممرا مماثلا خلف وأسفل ثم الى الامام حول منطقة الخياشيم ليمد عضلات اللسان .

## الجهاز العصبى المركزى ـ العناصر الاضافية

لا يوجد النسيج الضام العادى فى الجهاز العصبى المركزى ، ولكن كما يحدث تخصص فى الانيبوبة العصبية فى الجنين يتخصص جزء من الخلايا الموجودة كدعامة اكثر من أن تكون عصبية الوظيفة ، ويبقى جزء منها حول حدود التجاويف فى المخ والحبل الشوكى محتفظة بتكوين طلائى ، ولكن الغالبية من هذا الجزء عبارة عن خلايا صغيرة نجمية الشكل تسمى خلايا الغراء العصبى التى تنتشر بين الخلايا العصبية .

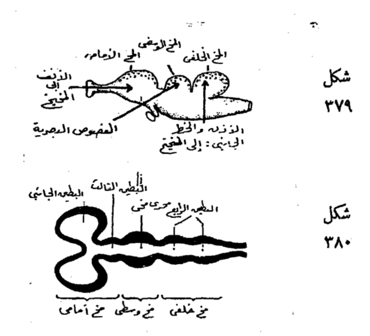
ولا تحمى المخ والحبل الشوكى حافظة المخ والاقواس العصبية للفقرات فقط ، ولكنها تغلف بغلالة أو أكثر تسمى اغلفة المخ ( شكل ٣٧٦ ) . ويوجد فى اغلب الأسماك غلاف واحد ذو تركيب معقد ، ولكن فى رباعيات القدم يوجد على الأقل غلافان : الخارجى واسمه الأم الجافية وهو غلاف سميك يتكون أساسا من أصل نسيج ضام ، ويتصل بخيوط رفيعة بغشاء داخلى انعم ينشأ من العرف العصبى وينطبق على المخ والحبل الشوكى . وينقسم هذا الغشاء الداخلى فى الثدييات الى تركيبين رقيقين: غشاء عنكبوتى خارجى وأم حنون داخلية ويفصل الاثنين سائل يملأ المسافة تحت العنكبوتية ويتخلله نسيج عنكبوتى من نسيج خيطى رقيق .

الأنبوبة الموجودة فى القناة العصبية فى الجنين تبقى فى الحيوان اليافع كغرف المخ وكقناة وسطى فى الحبل الشوكى . وهذه التجاويف ( والفراغات

تحت العنكبوتية فى اغلفة المخ ) ـ يملؤها سائل رائق هـو السـائل المخى الشوكى ويشبه فى تركيبه السائل البينى او سائل الليمف الخارجى فى الاذن. وقد تصل المواد اليه من الدم من خلال تراكيب وعائية وخاصة الضفـائر المشيمية للمخ ( ص ٥٩٤ ) .

شكل ٣٧٩

شكل ٣٨٠

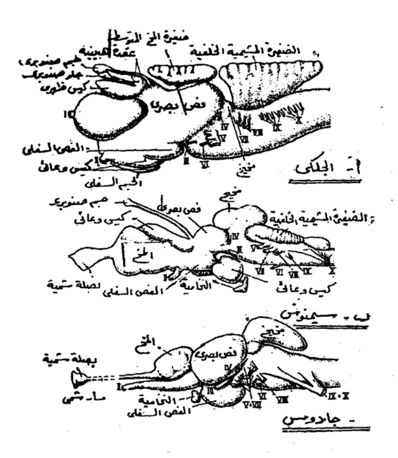



شكل ٣٧٩ ـ شكل توضيحى يبين العلاقة فى الفقاريات الدنيا بين اعضاء الحس الثلاثة الكبيرة والمناطق الظهرية الثلاث للمادة السنجابيـة فى الأقسام الثلاثة الكبيرة للمخ . ( فى الثدييات قنطرة المخ الوسطى ضامرة وتذهب الاحساسات البصرية الى المخ بدلا منها )

شكل ٣٨٠ ـ شكل توضيحى يبين مكان الغرف المخية ( عن جاردنر ).

## الحبـل الشوكى

الحبل الشوكى ( اشكال ٣٦٤ ، ٣٦٥ ، و ٣٧٧ ) الـذى يمتـــد على طـول الجســم عبـــارة عن ممثـــل يافع متحـــور قليـــلا من الانبوبة العصبية المتكونة فى الجنين المبكر ، وتبقى فى داخله قناة وسطى ممتلئـــة




شكل ٣٨١ ــ مناظر جانبية للمخ . أ ــ الجلكى . ب ــ القرش . جـ ــ الكود . فى الجلكى حالة شاذة وهى تكوين المنطقة المشيمية الوعائية . الضفيرة المخية الوسطية على سقف المخ الوسطى ( عن بوتشلى وأهاليبورن ) .

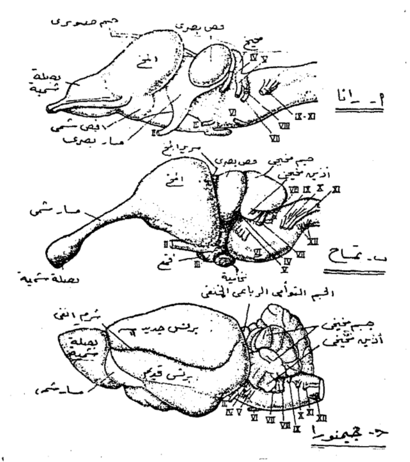
بسائل ، والحبل الشوكى بيضاوى تقريبا أو دائرى فى الفقاريات الدنيا ويميل الى الامتداد جانبيا فى الحيوانات العليا. ومن الممكن تمييز طبقتين فيه، منطقة وسطى من المادة السنجابية وتتكون أساسا من أجسام الخلايا ومنطقة خارجية هى المادة البيضاء التى تتكون من الياف ميلينية لا تعد تتجه الى أعلى والى أسفل فى الحبل الشوكى . وكانت المادة السنجابية كما يظهر مرتبة بدائيا بطريقة متساوية تقريبا حول التجويف الوسطى ، ولكن لها فى أغلب

الفقاريات ترتيب متماثل شكله فى القطاع شكل حرف $H$ أو ذلك الشبيه بجناح الفراشة . ومن ثم يظهر أن هناك زوجا من الفروق على كل جانب ، ومن الطبيعى أن كل قرن حقيقة هو قطاع فى تركيب طولى ، ومن ثم يجب أن نتكلم عن عمود ظهرى وعمود بطنى .

العمود البطنى هو مركز أجسام الخلايا العصبية الصادرة فى الأعصاب الشوكية . ويختلف عددها طبيعيا فى اى جزء من العمود مع حجم العضلات الموجودة فى هذا المستوى ، وفى الفقاريات الأرضية يمتد هذا العمود كثيرا فى المناطق التى تمد الأطراف . وتقع الخلايا العصبية الصادرة فوق وعلى جانبى الخلايا من النوعى الجسمى وتميز أحيانا كعمود جانبى .

ويضم العمود الظهرى مع الجذور العصبية الحسية الظهرية ، وهو مكان أجسام الخلايا العصبية المشاركة والتى من خلالها قد توصل وتوزع المؤثرات التى تأتى من اعضاء الحس . وترتيب المجموعات المختلفة من الخلايا العصبية المشاركة معقد ومختلف . ولكن فى بعض الحالات ( وخاصة فى بعض الأجنة ) نستطيع ان نميز مجموعة كبيرة تصاحب المستقبلات الحسية الجسمية التى تقع فى الجهة الظهرية والوسطية ومجموعة صغيرة حسية حشوية تقع بطنية اكثر وجانبية ؟ ومن ثم تظهر فى المادة السنجابية اربع مناطق على كل جانب تتصل بالمكونات الأربع العصبية الكبيرة ، وهى بالترتيب من الجهة الظهرية الى البطنية : جسمى حسى . وحشوى حسى ، وحشوى حركى ، وحسى حركى . والواقع أن نفس التركيب يوجد فى المادة السنجابية فى ساق المخ ( شكل ٣٧٧ ) .

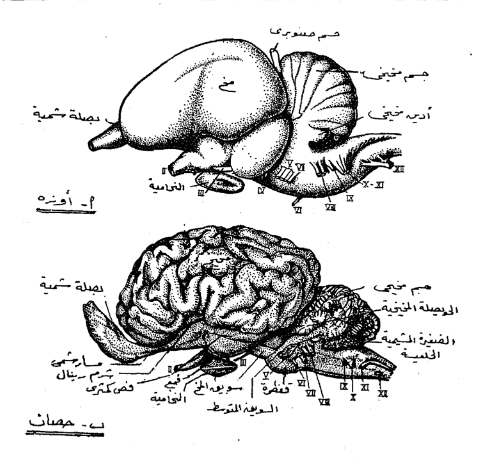
وتتكون المادة البيضاء من الياف صاعدة وهابطة من خلايا عصبية حسية ، ومن نفس الألياف التى تنشأ من الخلايا المشاركة ، ومن الالياف التى تحمل المنبهات الحسية الى الأمام للمخ ، ومن الياف تعود من مراكز المخ لتؤثر فى الخلايا العصبية الحركية . ويوجد النوعان الأخيران بوفرة وخاصة فى الفقاريات العليا التى فيها يقع الجذع تماما تحت تاثير المخ اكثر مما هو فى الفقاريات الدنيا — ومن الناحية الطوبوغرافية تقسم « القرون » المادة البيضاء الى حزم ظهرية وبطنية وجانبية ، والاهم هى المناطق المحصورة داخل هذه الحزم التى تشغلها ممرات ليفية خاصة لها نوع خاص من الوظيفة والاتصالات ، ولكن هذه تختلف جدا من مجموعة الى مجموعة لدرجة انها لا توصف هنا بالتفصيل .



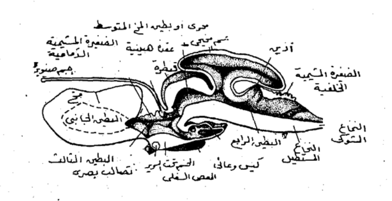

شكل ٣٨٢ ــ مناظر جانبية للمخ . أ ــ ضفدعة . ب ــ تمساح جـ ــ اكل حشرات يمثل الثديى البدائى ، الوضع الطبيعى لمخ التمســـاح هو أن النهائية الأمامية تنحرف الى أعلى ( عن بوتشلى وكلارك كروسبى وجاوب روتسنين ) .

## المـخ

فى كل الفقاريات ــ كما هى الحال فى اللافقاريات العالية التعضى ــ نجد تركيزا للأنسجة العصبية فى النهاية الأمامية للجسم على شكل مخ . وينتظر أن يكون مثل هذا التركيز فى حيوان نشط متماثل الجانبين فى هذه المنطقة التى تتصل أولا بالوسط المحيط والتى لا بد أن تستجيب له ، وكما لا بد أن توجد فيها أعضاء الحس والتراكيب العصبية المصاحبة فى أحسن وضع مفيد .




شكل ٣٨٣ ــ مناظر جانبية للمخ فى أ ــ أوزة . ب ــ حصان ( مخ الأوزة مثل مخ التمساح ينحرف الى أعلى فى الحياة ) ( عن بوتشلى وكوينزى وسيمون ) .

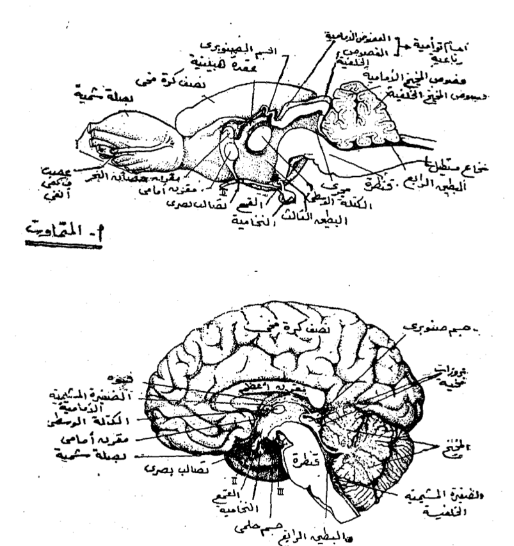



شكل ٣٨٤ ــ النصف الأيمن لمخ القرش ( سيليوم ) فى قطاع وسطى. المناطق غير المظللة هى التى اخذ فيها القطاع ( عن هالروبروكهاردت ) .

**تركيب المخ :** قد يظهر بدائيا أن المخ ان هو الا المنطقة الأمامية للأنبوبة العصبية حيث تتجمع المؤثرات الخاصة بالاضافة الى الانعكاسات المحلية ، وتحول الى عمل فى منطقة الجسم نصف الذاتية عن طريق الحبل الشوكى. يوجد مع ذلك فى الفقاريات ميل كبير نحو تركيز المراكز المسيطرة على وظائف الجسم فى المخ مع تكوين عدد من المراكز المعقدة . ولقد أوضحنا عند مناقشة التركيب البدائى للجهاز العصبى الطريقة التى تضاف بها خلية عصبية مشاركة للقوس الانعكاسى البسيط للعمل على توسيع مجال الاستجابات الممكنة لمؤثر حسى فتزيد كثيرا من اختلاف المؤثرات التى قد تؤدى الى استجابة حركية خاصة . ونظام المخ اساسا هو التوسع فى هذه الظاهرة ــ وذلك بوضع مجموعة من الخلايا العصبية اكثر بين المناطق العصبية الوسطى تتجمع فى مراكز وظيفية . وقد يكون للمؤثرات الواردة فى مثل هذه المراكز صلة ومكملة للإستجابات المناسبة أو الميكانيكية الحركية المماثلة وقد تتكون فى مستويات أعلى مراكز مشاركة هى التى قد يكون التعلم والشعور نتيجة لنشاط ذاكرتها .

وسنركز اهتمامنا فى هذا المختصر البدائى جدا الى الصفات الخارجية والتراكيب الكبيرة بالأسلوب الذى أعطى فى الاشكال ٣٨١ ــ ٣٨٩ ، ولكن بينما تكون مثل هذه المظاهر السطحية لتشريح المخ واضحة فان ما نستطيع ان نصل اليه من فهم كاف لعمل المخ ليس بأكثر مما نفهمه عن جهاز التليفون من معرفتنا للمظهر الخارجى ونظام حجرة السنترال فى مبنى التليفون ، وما هو مهم فى جهاز التليفون وهو ترتيب الأسلاك ولوحة التوصيل ، اما فى المخ فهى المراكز الرئيسية التى تتم بها الأنواع المختلفة من الانشطة وممرات الألياف التى تتصل بهذه المراكز .

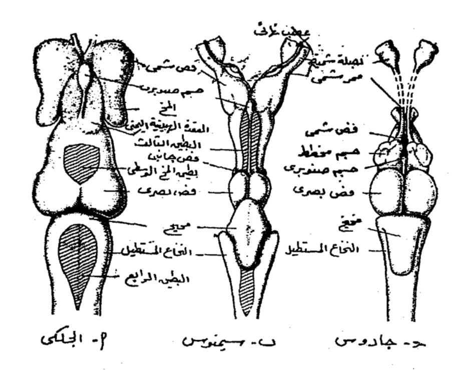
وقد تشيد اسلاك المخ بدائيا لدرجة كبيرة ما هو موجود فى الحبل الشوكى تقاطع عام للألياف تصل كل المناطق مع بعضها ، ويظن ان بالمخ كمية محددة الى درجة ما من التوزيع الجغرافى للألياف تصل كل المناطق مع



شكل ٣٨٥ ــ النصف الأيمن للمخ . منظر وسطى . أ ــ المتماوت ب ــ الانسان . المناطق غير المظللة هى المقطوعة . الجدر الجانبية الداخلية البارزة لسرير المخ قد تتقابل وتلتحم فى الخط الوسطى مكونة الكتلة الوسطية والتى ليس لها فائدة وظيفية .

( عن لو )

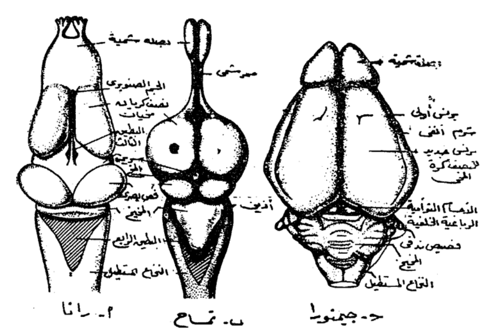
بعضها ، كما توجد أيضا حالة بدائية فى الجهاز الشبكى وهى شريط من الخلايا المتشابكة والألياف تحمل المؤثرات الحركية على طول الأعمدة الحركية لساق المخ ( كما يرى موضحا فى اشكال ٣٩٩ ــ ٤٠١ ) ومع ذلك



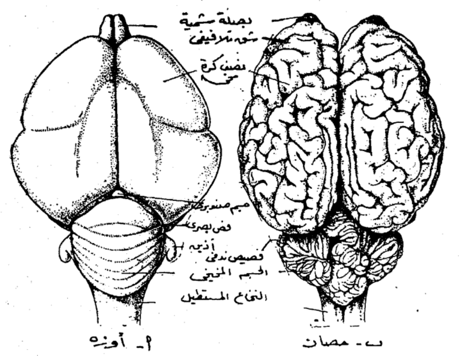

شكل ٣٨٦ ــ مناظر ظهرية للمخ . أ ــ الجلكى ب ــ القرش . ج ــ سمكة كاملة التعظم ( سمك الكود ) . المناطق المخططة هى التى أزيلت منها الضفيرة المشيمية لاظهار البطين تحتها ( عن بوتشلى وأهلبورن) .

هناك ميل قوى بصورة عامة نحو تجمع الخلايا العصبية فى مراكز ، وتجمع فى الألياف مع الاتصالات المتشابهة فى حزم محددة . ولو أن بعض المراكز الخاصة لها أسماء خاصة ويسمى اغلبها « بالعقد » أو « الانوية » ( مستعملين اسمابيولوجيا سيىء الحظ فى معنيين للكلمة الأخيرة ) . وحزم الالياف التى تصل النوى بعضها ببعض أو مع الحبل الشوكى تسمى عامة المسارات وألياف المسارات هى طبيعيا محاور الخلايا العصبية التى تقع اجسام خلاياها فى النواة من الأصل . والمخ مبنى اساسا على نظام متماثل الجانبين ومن ثم تسمى الأتصالات المتقاطعة لهذه الحزم الليفية بالوصلات او المقرنات وهى التى لابد ان توجد بين الجانبين لأن الحيوان قد يكون ــ حرفيا ــ غير مزدوج الشخصية .

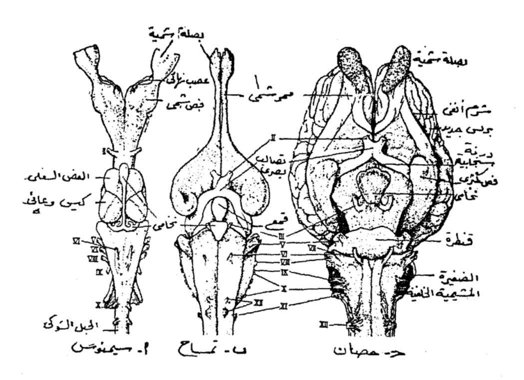
**تكوين المخ** ( شكل ٣٧٨ ) . نستطيع ان نفهم احسن الطبوغرافية العامة للمخ واجزائه من خلال دراسة تكوينه . يتكون المخ بسرعة فى الجنين ــ اسرع من اى عضو آخر ، ويتكون مبكرا بنظام تركيبى عام تشاهد عليه الاختلافات



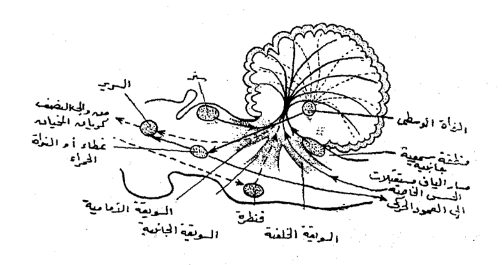
شكل ٣٨٧ ــ مناظر ظهرية للمخ . أ ــ الضفدعة . ب ــ التمساح . جـ ــ شرو الشجرة . المناطق المخططة هي تلك التى ازيلت فيها الضفيرة المشيمية ليظهر البطين الذى تحتها (عن جاوب وكروسبى ووتشتين وكلارك)



شكل ٣٨٨ ــ مناظر ظهرية للمخ فى أ ــ الأوزة . ب ــ الحصان . ( عن بوتشلى وكينزى وسيسون ) .



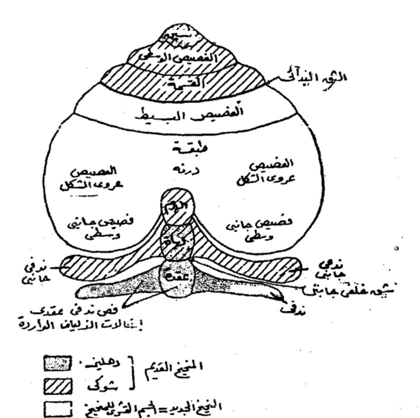
شكل ٣٨٩ ـ مناظر بطنية للمخ فى أ ـ القرش . ب ـ التمساح . جـ ـ الحصان . ( عن بوتشلى ووتستين وسيسون ) .



شكل ٣٩٠ ـ منظر توضيحى يبين الاتصالات الأساسية للمخيخ . الاتصالات مع القشرة المخية ـ وهى خاصة بالثديات ـ مبينة بخطوط متقطعة .

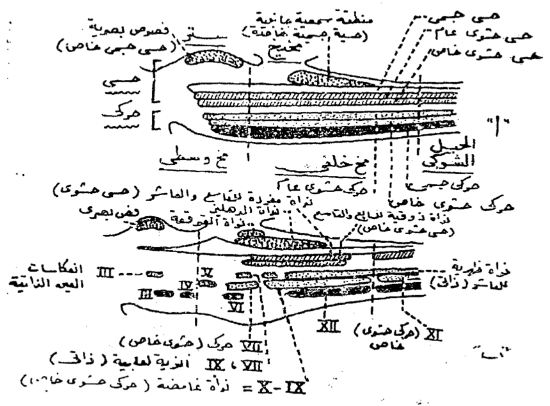
العديدة التى ترى فى المخ اليافع فى المجموعات المختلفة من الحيوانات . والمخ فى الاطوار الأولى عبارة عن منطقة متسعة من الأنبوبة العصبية ، وسرعان ما تميل نهايته الأمامية الى الانثناء الى أسفل مكونة الثنية المخية ، وبعد ذلك بقليل يتكون تخصر فى المنطقة الخلفية عند نقطة تعرف بالبرزخ . ومن ثم يتكون الانقسام الى المناطق الكبيرة الثلاث التى تسمى من الأمام الى الخلف: المخ الأمامى والمخ الوسطى والمخ الخلفى . ومع أن هناك نموات خاصة مختلفة تضاف فيما بعد الا أن الترتيب الأنبوبى الأصلى لهذه القطع المخية الثلاث لا يزال واضحا فى الحيوان اليافع والتى من الممكن أن تعرف كلها كساق المخ ، وهنا توجد على الدوام مراكز لكثير من الوظائف العصبية الهامة البسيطة ولكنها أساسية . والتقسيم الطولى لساق المخ الى ثلاثة اجزاء حقيقية هامة وهى أن كل جزء من الاجزاء الثلاثة فى معظم الفقاريات يصاحب واحدا من الأعضاء الحسية الكبيرة الأنف والعين والأذن والخط الجانبى ( شكل ٣٧٩ ) . ويتكون فى كل منطقة من هذه الساق نمو ظهرى من طبقة المادةالسنجابية تشارك بدائيا كل واحد من هذه التراكيب الحسية ، وهذه هى بالترتيب من الأمام الى الخلف : النصف كريان المخيان من مقدمة المخ ويتصلان بدائيا بالشم ، وسقف المخ الوسطى ـ الستر ـ ويشترك مع الابصار ، والنخاع المستطيل وهو نمو من المخ ويشترك مع الأذن والخط الجانبى .

وبمرور الوقت تكون الانقسامات البدائية الثلاث تراكيب يبدأ ظهورها فى المخ الأمامى ، فمن قاع المخ تندفع الى الخارج الحويصلات البصرية التى شرحت فى الفصل السابق ، ويوجد الى الخلف نمو وسطى يمتد الى أسفل وهو القمع ، ويصطحب هذا نمو طلائى من سقف الفم الى أعلى هو جيب الجسم السفلى (جيبراثك ) . وفى أطوارمتأخرة تتحور أنسجةالقمع مع تلك التى تنشأ من الجيب ليكونا الغدة النخامية ( أو الجسم السفلى ) . وفى الجهة الظهرية تنمو من سقف المخ الأمامى مجموعة من النتوءات الوسطية وساق بصرية وسطية ( واحيانا اثنتين ) . وأهم مايلفت النظر ، وهو مهم ايضا ، هو زوج من النموات الظهرية يتكونان فى أقصى الأمام من المخ الأمامى . وهذه هى جيوب جوفاء من الأنسجة تمتد الى الأمام فى اتجاه منطقة الأنف ومنها يتكون النصف كريين المخيين . وامامها البصيلات الشمية ، وتكون هذه التراكيب مقتدم المخ وهو العقلة النهائية الأمامية للمخ . أما الجزء الفردى من المخ الأمامى فهو سرير المخ وباستمرار النمو توجد




شكل ٣٩١ ــ مخطط لمنظر سطحى للمخيخ فى الثدييات ( مبينا تفاصيل غير مذكورة فى الوصف ) . الأجزاء المخططة والمنقطة تختص بالتوازن ( دهليزى ) والاحساسات العضلية ( شوكية ) وهى الأجزاء الأقدم من الناحية التطورية فى المخيخ ــ المنطقة البيضاء اضافة ثدية مختصة بالقشرة فى النصف كريبين المخيين . ( من فولتون بعد لارسل ) .

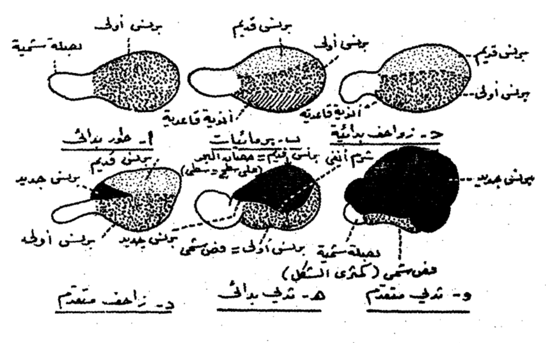
خلف منطقة المخ الأمامى تحورات كبيرة قليلة نسبيا وبين المخ الوسطى زوجا من الانتفاخات الظهرية التى تكون الستر وهو بارز فى الفقاريات الدنيا . ويتكون المخيخ فى المخ الخلفى من نمو ظهرى من الجزء الأمامى من السقف ، ويتغير هنا قليلا فى ساق المخ فى الحيوان اليافع حيث يسمى النخاع المستطيل. وفى الثدييات مع ذلك يتمدد الجزء تحت المخيخ ليكون تركيبا يسمى القنطرة والقنطرة والمخيخ الذى يقع فوقهما يتميزان كمخ مؤخرى فى حين يكون الجزء الخلفى من النخاع المستطيل ما يعرف بالمخ اللاحق النخاعى .



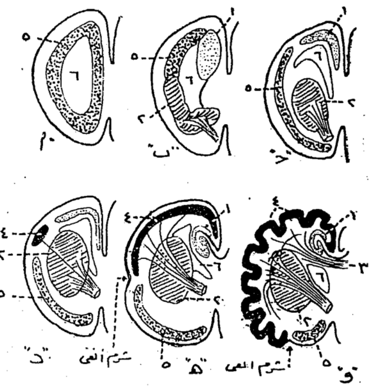

شكل ٣٩٢ ــ شكل توضيحى لمناطق المخ الوسطى فى منظر جانبى يبين ترتيب الأنوية الحسية والحركية . حسى جسمى ( أبيض ) . حسى جسمى خاص ( منقط ) . حس حشوى ( مخطط ) . حس حشوى خاص ( مخطط ) . حركى حشوى . حركى حشوى خاص ( منقط ) . حركى جسمى . أ ــ طور بدائى نظرى ( افتراضى ) كانت فيه مراكز ساق المخ مستمرة مع بعضها ومع أعمدة الحبل الشوكى . وحتى فى مثل هذا الطور يظن مع ذلك أن المراكز الجسمية الخاصة قد تكون تكونت للعين والأذن . وتحتوى منطقة المخ على عمود حركى حشوى خاص للعضلات الخيشومية . ب ــ شكل توضيحى مماثل للحالة فى الثدييات. العمود الحركى الحسى لا يزال أساسا مستمر ( ويشترك غالبا مع العصب V ) . ولكن الأعمدة الأخرى قد تقطعت الى انوية منفصلة . ويحتوى العمود الحسى الحشوى على نواة حشوية عامة ( وخاصة للألياف الواردة من الأحشاء عن طريق الحائر ) ونواة خاصة لعضو الذوق المهم . ومن الأنوية الصادرة الحشوية توجد نويات صغيرة أمامية للانعكاسات الذاتية للعين والغدد اللعابية كما توجد نواة كبيرة للألياف نظيرة السيمبتاوى الى الأحشاء عن طريق الحائر . وتوجد انوية هامة حركية حشوية للأعصاب V، VI، X،IX ( الغامض ) . ويحتوى العمود الحركى الجسمى على أنوية صغيرة لعضلات العين فى الأمام ونواة تحت لسانية فى الخلف .



شكل ٣٩٣ ــ النصف الأيمن لسرير المخ والمخ الوسطى والتراكيب المجاورة للسحلية تبين النموات الخارجية المختلفة بوجه خاص . يشير السهم الى مكان الثقب بين البطينات الذى يؤدى من البطين الثالث الى البطين الجانبى الأيمن ( عن فون كوبفر نويكوف ) .



شكل ٣٩٤ ــ أشكال توضيحية تبين التميز التقدمى للنصف كريان المخيان ( قارن شكل ٣٩٥ ) . أشكال جانبية للنصف كرة المخية اليسرى والبصلة الشيمية : فى أ ــ النصف كرة عبارة عن البصلة الشمية .




شكل ٣٩٥ ـ أشكال توضيحية لقطاعات عرضيــة فى النصف كـرة المخى الأيسر تبين اطوارا فى الجسم المخطط والقشرة المخية . أ ـ حالة بدائية ، فص شمى اساسا والمادة السنجابية فى الداخل مميزة قليلا . ب ـ حالة ترى فى البرمائيات الحديثة . المادة السنجابيــة عميقــة عن السطح ولكنها مميزة الى برنس اولى ( = فص شــمى ) وبرنس قــديم ( = فص حصان البحر ) .وانوية قاعدية ( = الجســم المخطط ) ،

---

تابع شكل ٣٩٤

ب ـ المناطق الظهرية والبطنية يتميز فيها البرنس القديم ( = فص حصان البحر ) والأنوية القاعدية ( الجسم المخطط ) . جـ ـ تحركت الأنويةالقاعدية الى الجزء الداخلى من النصف كرة المخية . د ـ يظهر البرنس الجــديد كمنطقة صغيرة ( فى كثير من الزواحف ) . هـ ـ دفع البرنس القديم الى السطح الوسطى ولكن البرنس الجديد لا يزال متناسب الأبعــاد . ولا تزال المناطق الشمية واضحة تحت الشرم الأنفى ( كما فى الثدييــات البدائية ) . و ـ تنحصر المنطقة الشمية البدائية فى السطح البطنى . وقد كبرت جدا مناطق البرنس الجديد ( كما فى الثدييــات المتقــدمة ) . المكونات الخلوية المختلفة للنصف كريان مميزة بالألوان .

وقد توضع تراكيب المخ الأساسية للحيوان اليافع فى جدول تبعا للأقسام التى تتكون فى الجنين :

| | | |
|---|---|---|
| المخ الأمامى | مقدم المخ | النصف كريان المخيان . وتشمل الفصوص البصرية والنوى القاعدية ( الجسم المخطط ) والقشرة المخية ( البرنس ) والبصلات الشمسية . |
| | سرير المخ : | فوق السرير والسرير والأطراف . |

المخ الوسطى . . . . . . . . الستر ويشمل الفصوص البصرية (الأجسام التوامية الأربعة فى الثدييات ) الغطاء
وساق المخ
وسويقات المخ
فى الثدييات

---

تابع شكل ٣٩٥ : ويصبح الأخير مركزا مختصا بالاتصالات من وإلى السرير (مبينة بخطوط تمثل حزم الألياف مقطوعة ) . جـ ـ حالة أكثر تقدما قد تحركت فيها الأنوية القاعدية الى الداخل ومناطق البرانس تتحرك الى السطح . د ـ زواحف متقدمة بدائية البرنس الجديد . هـ ـ حالة ثدييات بدائية البرنس الجديد متمدد مع اتصالات قوية مع ساق المخ . البرنس القديم ملتف فى الوسط كفص حصان البحر . ولا تزال منطقة البرنس الأولى واضحة . و ـ ثديى متقدم . البرنس الجديد متمدد جداً وملتف . البرنس الأولى ينحصر فى منطقة بطنية كفص كمثرى . الجسم المندمل يتكون كمقارن كبير يصل منطقتى البرنس الجديد .

١ ـ البرنس القديم . ٢ ـ الأنوية القاعدية . ٣ ـ الجسم المندمل . ٤ ـ البرنس الجديد . ٥ ـ البرنس الأولى . ٦ ـ البطين . الأنواع المختلفة من المادة السنجابية مبينة كما فى شكل ٣٩٤ .

| | | |
|---|---|---|
| المخ الخلفى | المخ المؤخرى | جزء من النخاع المستطيل والمخيخ والقنطرة فى الثدييات . |
| | المخ اللاحق النخاعى | جزء من النخاع المستطيل . |

**البطينيات** : يبقى التجويف الأصلى فى الأنبوبة العصبية الجنينية فى مخ الحيوان على شكل مجموعة من التجاويف والممرات الممتلئة بسائل (شكلى ٣٨٠ ، ٣٩٧ ) ، ويوجد فى كل نصف كرة مخى تجويف او بطين جانبى، وتتصل هذه من خلال ثقوب صغيرة مع بطين وسطى ثالث فى سرير المخ . ويوجد داخل المخ الوسطى فى الفقاريات الدنيا بطين تام التكوين ولكن فى الرهليات يصبح هذا ممرا ضيقا هو القناة المخية التى تؤدى فى الخلف الى البطين الرابع فى النخاع . وتتكون عادة فى سقف البطين الثالث والرابع مناطق من الأنسجة الرقيقة ذات الثنيات تسمى بالضفائر المشيمية ويحدث من خلالها تبادل بين الدم والسوائل المخية-النخاعية .

**النخاع المستطيل** : وعندما نقترب من دراسة تركيب المخ فمن المستحسن أن نبدا اولا باجزاء المخ الابسط فى التركيب والتى تشبه الى حد كبير النخاع الشوكى . والساق المخى ابسط من النموات الظهرية الخاصة. وفى هذا الجزء الذى يقع فى منطقة المخ الخلفى وهو النخاع المستطيل نجد تركيبا يشبه اساسا الحبل الشوكى . والواقع انه من النخاع ( ومن الجزء المجاور للمخ الوسطى ) تنشأ كل الأعصاب المخية الا الأعصاب غير المثالية من الأنف والعين . ويشبه النخاع نفسه اساسا قطاعا فى النخاع الشوكى ، الا أن القناة الوسطى تتسع كثيرا لتكون البطين الرابع ، كما أن السقف يتمدد ليكون الضفيرة المشيمية الخلفية . وكنتيجة لهذا تندفع اعمدة المادة السنجابية لتقع على كل من جانبين البطين . وهذه الأعمدة ( شكلى ٣٧٧ أ ، ٣٩٠ ) هى اساسا الاعمدة الأربعة التى رايناها موجودة فى الحبل الشوكى ومرتبة بنفس النظام مع ميزاب انفى يفصل الأعمدة الحسية العليا عن الأعمدة الحركية السفلى . والأعمدة بسيطة فى طبيعتها فى الجنين ، اما فى الحيوان اليافع فهى تميل مع ذلك ( وخاصة فى الفقاريات العليا ) لتتفرع الى مجموعات من النوى ذات طبيعة خاصة ، كما هو مبين فى شكل ٣٩٢ ب. وتعطينا هذه النوى كل العناصر التى يحتاج اليها فى الدوائر الانعكاسية بين الاستقبالات الحسية والاعضاء المستجيبة المتاثرة فى الراس ومنطقة

الخياشيم . ومع ذلك نجد بالاضافة الى هـذا فى الحـافة العـليا للنخاع المستطيل منطقة خاصة او مجموعة من النوى التى تخدم الإستقبال البدائى للاحساسات من الأذن ومن أعضاء الخط الجانبى المشاركة بدائيا . وقـد لاحظنا فى الثدييات انه يوجد تخصص ابعد للنخاع المستطيل فى التكوين ، ففى الأمام منطقةمنتفخة هىالقنطرةتحتوى على كتلة من الخلايا العصبية — كما هو مبين اخيرا — توصل المؤثرات من النصف كريان الى المخيخ .

وفى الفقاريات الدنيا يكون الجذع والذيل مستقلين عن المخ فى نشاطهما الى درجة كبيرة . اما فى الأسماك والبرمائيات الذيلية مع ذلك فتحتـوى منطقة النخاع على اجسام الخلايا لزوج يستحق المشاهدة من الخلايا العملاقة ( خلايا موثنر ) التى تمتد اليافها على طول الحبل الشوكى وتقوم بالتحكم فى الحركات الايقاعيـة للجـذع والذيل وهى على جـانب من الأهميـة فى تحركات الأسماك .

**المخيخ ( شكلى ٣٩٠ ، ٣٩١ )** — يوجد المخيخ مرتفعاً فوق ساق المـخ عند النهاية الأمامية للنخاع المستطيل . والمخيخ مركز مخى كبير الحجم غالبا وذو اهمية قصوى فى تنسيق وتنظيم المناشط الحركية والمحافظة على الوضع القائم . وهو يعمل بطريقة سلبية وانعكاسية اساسا فى التوازن . ووظيفته فى تنظيم النشاط العضلى قد تقارن بعمل « اركان الحرب » فى تحركـات الجيش . ولتنفيذ الأوامر العامة من قائد الجيش لا بد وأن تكـون لـديه معلومات عن المركز وتحركات التيار والظروف ومعدات وعدد الفرق المعينة . وكذلك فان « الموجه » لحركة عضلية آتية من المراكز العليا للمخ — فلنقـل لتحريك طرف — لا يمكن ان تتم بقوة الا اذا كانت هناك معلومات عن الوضع وحركة الطرف وحالة الاسترخاء أو الانقباض فى العضلات المشتركة والوضع العام للجسم . وتجمع مثل هذه المعلومات فى المخيخ وتفحص هناك الأوامر الناتجة والتى ترسل بالمسارات الواردة تجعل الحركة مستمرة . وبالرغم من أن هناك اتصالات مع مراكز حسيـة مختلفـة فان المعلومات المستعملة بالمخيخ فى الحيوانات البدائية تنتج من مصدرين هما التراكيب الحسية فى عضلات الجسم والأوتار والاحساسات التى تنشأ من جهاز التوازن فى الأذن واعضاء الخط الجانبى . وقد أوضحنا ان هذه الاحساسات الأخيرة تنشأ من هذه المنطقة فى الحافة العليا للنخاع المستطيل . والمخيخ يبرز الى أعلى من هذه المنطقة ، ويظهر انه قد نشأ تاريخيا من هذه المراكز السمعية الجانبية .

ويختلف المخيخ كثيرا في الحجم والتركيب من مجموعة الى اخرى ، ويتصل حجمه عامة بالنشاط الحركي للحيوان ، ويرى في أقصى نمـوه في الطيور والثدييات كما هو مبين في شكل ٣٩١ ، واجزاؤه الأكثر تقـدما من ناحية التطور في الفصوص الندفية التي تختص بالتوازن وتتصل عن قرب بالأذن الداخلية ، والمخيخ ـ على عكس أية منطقة اخرى للمخ الا النصف كريان المخيان وسقف المخ الوسطى ـ هو المنطقة التي فيها تتكون القشرة ، وهي سطح مؤلف من طبقات من الصفائح من المواد الخلوية السنجابية المعقدة في تركيبها ، وغالبا ما تكون ملفوفة ، وتتصل القشرة المخيخية مع منـاطق المخ الأخرى بحزم سميكة من الألياف التي تكون سويقاتها ، وترى هذه في شكل ٣٩٠ ، وفي الثدييات وليس في الطوائف الأخرى توجد اتصالات قوية في كلا الاتجاهين بين المخيخ والنصف كريان المخيان ، والقنطرة المنتفخـة هي نقطة اتصال في المسار من النصف كريان الى المخيخ .

**المخ الوسطى وسرير المخ :** وعلى عكس الجزء الخلفي من ساق المخ فان المخ الوسطى وسرير المخ يبرزان مظاهر خاصة في كل طوائف الفقاريات .

وتسـمى الجـدر الجانبيـة للمخ الوسطى الغطاء وهو يعمـل أساسـا كقاعـدة للمراكز والمسـارات التي تحمل المؤثرات الحركيـة الى اسفل ساق المخ من المراكز العليا . وسقف المخ الـوسطى له وظيفـة المراجعة . وفي كل الفقاريات ما عدا الثدييات فان الياف العصب البصري التي تدخل المخ في منطقة سرير المخ لا تنتهي هناك ولكنها تستمر الى أعلى والى الخلف الى سقف المخ الوسـطى او الستر وهـذه منطقـة من المادة السنجابية تامة التكوين في كثير من الفقاريات . وبدائيا هي مركـز بصري ، ولكن تنجذب اليه ممرات الياف من المراكز الحسية الأخرى ـ من تلك الخاصة بالأذن والخط الجانبي ومن المناطق الحسية الجسمية ومن الأنف عن طريق النصف كريان المخيان ، وكنتيجة لهذا تجمع هنا المؤثرات الحسية من كل المصادر الجسمية وتحلل وتنشأ الاستجابات الحركيـة ، ويظهر أن الستر في الأسماك والبرمائيات ( حيث النصف كريان متكونان قليلا ) هو « القلب » الحقيقي للجهاز العصبي ـ المركز الذي يدبر أعظـم التأثيرات على نشاط الجسم . ولا يزال الستر في الزواحف والطيور منطقة ذات اهمية كبرى ، ولكن ينافسه في ذلك تكوينات النصف كريان المخيان التي تحجبه في الطيور .

وقد احتمل الستر في الثدييات اختصارا كبيرا في اهميته ، فقد تحولت اغلب وظائفه الى المادة السنجابية للنصف كريان المخيـان ، فالواضـح أن

معظم المؤثرات الحسية التى تتم فى المخ الوسطى فى الفقاريات الدنيا قد ألقيت فى الثدييات بدلا من ذلك على قشرة المخية . ولا تستقبل هنا حتى الاحساسات البصرية ، كما أن السقف ممثل بزوجين من الانتفاخات الصغيرة ( الأجسام التوائم الأربعة ) التى تستخدم فقط الانعكاسات العين وكمحطات توصيل للمؤثرات السمعية فى طريقها الى النصف كريان المخيان .

**سرير المخ** : وهو المنطقة التى تحيط بالبطين الثالث للمخ له نموان خارجيان مهمان ظهرى وبطنى ( شكل ٣٩٣ ) . وقد اوضحنا فى الفصل الأخير تكرار وجود تراكيب العين الوسطى او ممثليها من الغدد مثل الأعضاء الصنوبرية ، وهنا ايضا تقع الضفيرة المشيمية الامامية وفى بعض الحالات كيس رفيع الجدر هو « النتوء الجانبى » ، وهو غير معروف الوظيفة ويوجد فى قاع سرير المخ التصالب البصرى ، وفى اغلب الأسماك كثيرا ما يوجد كيس وعائى كبير غير محدد الفائدة ، واهم نتوءات سرير المخ هى الغدة النخامية أو الجسم السفلى المخى — اكبر تركيب هرمونى فى الجسم وسيوصف فى الفصل التالى :

وجدر سرير المخ تسمى السرير . وينقسم هذا ايضا الى فوق السرير او السرير العلوى . والسرير الأصلى والسرير التحتانى فوق السرير قليل الأهمية فى انه ( على سبيل المثال ) ينظم درجات الحرارة فى الطيور والثدييات ، كما يتحكم السرير التحتانى فى النوم فى الطائفة الأخيرة .

السرير الأصلى فى الفقاريات الدنيا منطقة ذات اهمية معتدلة ، ولكنه فى كل حالة عبارة عن منطقة نقل السيالات من والى النصف كريان المخيان . الجزء البطنى من السرير نقطة امامية للأعمدة الحركية لساق المخ والحبل الشوكى ، وتؤدى وظيفة مركز نقل لجزء على الاقل من السيالات الحركية المتجهة الى اسفل من النصف كريان ، أما الجزء الظهرى من السرير فهو مركز نقل حسى للسيالات المتجهة الى اعلى الى النصف كريان المخيان ، وفى الفقاريات الدنيا حيث النصف كريان غير متكونين نسبيا تصبح هذه المنطقة غير ذات اهمية كبرى . ولكن فى مجموعات الفقاريات العليا ، حيث يصبح نصفا كرة المخ — كما سوف يتضح لنا — هما مركزى الارتباط السائدان ، فان وظائف السرير الظهرى تصبح بارزة ، وتنتقل المؤثرات الواردة من الجلد والمؤثرات السمعية الى المستويات الأعلى عن طريق بؤر السرير الظهرى ، بل أن هناك ما هو أبعد من هذا ، اذ ان ألياف العصب البصرى — التى تغوص

فى معظم الفقاريات خلال سرير المخ لتصل الى سقف المخ الأوسط ـ نجدها فى الثدييات تنتقل عند هذا الوضع الى المادة السنجابية فى نصفى كرة المخ.

**نصفا الكرة المخية :** تطور نصفى الكرة المخية قصة عظيمة تستحق المشاهدة فى التشريح المقارن ، وقد ابتدأ هذا النمو الزوجى من المخ الأمامى ـ كما يظهر ـ ببساطة كمجال للاستقبال الشمسى ، وفى تاريخ رباعيات القدم المبكر اصبح هذان النصفان كبيرين ومركزين هامين للعلاقات الحسية. وفى الوقت الذى وصل التطور فيه الى مرحلة الثدييات أصبحت الأسطح المتسعة للنصفى كرة المراكز الرابطة السائدة ومكان القوة العقلية العظمى ، وتكوين مثل هذه المراكز فى هذه المنطقة يؤكد اهمية حاسة الشم فى الفقاريات وكما راينا من قبل فان الجهاز السمعى الجانبى والابصار حاستان بنيت عليهما العلاقات الميكانيكية العامة فى التاريخ المبكر للفقاريات . ولكن على طول الزمن اثبت الشم أنه هو السائد ، والشم قليل الأهمية فى الرئيسيات العليا كما فى بنى الانسان مثلا . ولكن فى أغلب مجموعات الفقاريات كان هو اعظم ممر تستقبل من خلاله المعلومات من الدنيا الخارجية ، ومن ثم كان طبيعيا ان يكون مركزه المخى قاعدة لبناء الارتباطات العليا والميكانيكية .

وطلائع المخ فى أقصى الأمام هى زوج من البصلات الشمية التى توجد فيها الياف من الخلايا الشمية للأنف تستقبل وتنقل الى الخلف من خلال مسار شمى الى نصفى الكرة المخية ، وتوجد هذه التراكيب بشكل عام ولكنها صغيرة نسبيا وغير تامة التمييز فى الأسماك ، والأجزاء الأمامية من النصفى كرة هى المزدوجة فقط . وبدائيا كما يرى فى دائريات الفم يعمل النصفى كرة بطريقة لا تزال موجودة فى الفقاريات العليا فقط فى هذا الجزء من التراكيب الذى يسمى بالفصوص الشمية ( شكلى ٣٩٤ أ، ٣٩٥ أ ) . وفى مثل هذه المناطق تتجمع الاحساسات الشمية ، ثم تنقل هذه التفاعلات الشمية الى المراكز الخلفية اكثر ، ويتجه قليل من الألياف اذا وجد عكس الاتجاه من ساق المخ الى النصفى كرة للارتباط هناك .

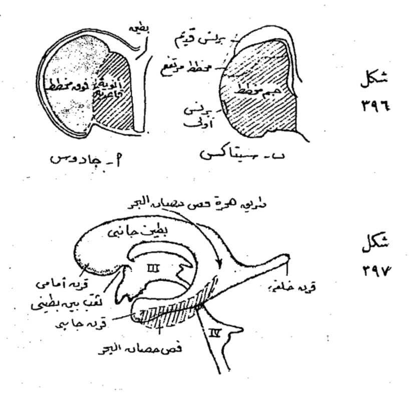
وفى نموذج اكثر تقدما نوعا ما من نصفى الكرة كذلك الذى يرى فى البرمائيات ( اشكال ٣٩٤ ت ، ٣٩٥ ب ) يمكن أن تقسم اغلب انسجة نصفى الكرة الى ثلاث مناطق تبعا لأهميتها التاريخية فى الفقاريات الأكثر تقدما ، والمادة السنجابية لمعظم نصفى الكرة تميل فى هذه الحيوانات الأعلى للتحرك الى الخارج من مكانها الداخلى البدائى الى السطح لتصبح القشرة المخية أو الرنس ( الحرملة ) . ولا تزال أغلب المادة السنجابية فى الداخل فى البرمائيات ،

ولكن هذه الاسماك قد تستعمل على ضوء التاريخ المتاخر ، ثم ياتى شريط من الأنسجة على طول الجدار الجانبى للنصفى كرة ، وهو البرنس الاولى، وله وظيفة شمية بسيطة ، ويميل ليكون الفصوص الشمية ( الكمثرية الشكل ) فى الأنواع المتقدمة ، وفى الجهة الظهرية من الوسط يوجد البرنس القدم وهو الى درجة ما مركز ارتباط مهيأ ليصبح فيما بعد نص جصان البحر فى الثدييات ، ويظهر انه يتصل بالتصرفات العاطفية . وفى الجهة البطنية توجد منطقة كبيرة من المادة السنجابية التى تبقى فى الداخل فى التكوين الأعلى لتراكيب نصفى الكرة ، وتكون النوى القاعدية ( الجسم المخطط ) فى الثدييات .

ويرى فى الأسماك كاملة التعظم نوع من المخ الامامى الشاذ ، والذى قد يوصف هنا بين قوسين ( شكل ٣٩٦ ا ) ففى هذه الاسماك لا يوجد اى ميل نحو التحرك الخارجى للمادة السنجابية الذى يشاهد فى رباعيات القدم العليا ، وعلى العكس تكون الجدر الخارجية لنصفى الكرة عبارة عن اغشية رقيقة ، وتكون المواد الخلوية مزدحمة فى كتلة تبرز الى البطين من اسفل .

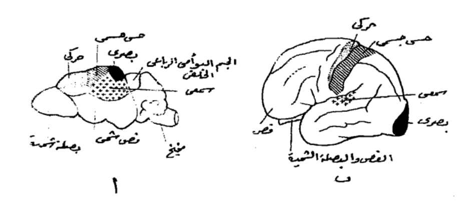
وفى الزواحف ( شكلى ٣٩٤ جـ ، ٣٩٥ جـ ) قد تقدم نصفا الكرة عن تلك الخاصة بالبرمائيات فى كل من الحجم والتعقيد فى التركيب ، وتميل بعض المادة السنجابية الى اتخاذ مكان سطحى ، وقد تحركت النوى القاعدية الى الداخل لتشغل منطقة كبيرة من القاع وبعيدة من ان تكون شمية فقط فى طبيعتها . ويتجه نتوء قوى من حزم الالياف الى اعلى من السرير الى النوى ، ومنها الى الخلف الى ساق المخ ؛ اذ ان النوى القاعدية مراكز ربط واضحة هامة ، وقد تقدم اكثر هذا الميل لتكوين الأنوية القاعدية فى الطيور ( شكل ٣٩٦ ب ) ، ففى الطيور يكون نصفا الكرة كبيران ، ولكن نموهما للامتداد العظيم للنوى القاعدية ، والجدر الخارجية لنصفى الكرة ضعيفة التكوين . ومن الواضح ان النوى القاعدية تكون مركز ربط قد يعتقد الشخص ان فيه تتركز الميكانيكية التى تستدعى النظام الغرائزى المعقد الذى يشاهد فى الطيور .

وقد اتخذ تطور المخ فى الثدييات طريقا آخر غير ذلك الذى اتخذته الطيور ( شكلى ٣٩٤ ا د ، ٣٩٥ د — و ) ، والنوى القاعدية جيدة التكوين نوعا داخل نصفى الكرة كجسم مخطط ، والمنطقة القشرية الشمية القديمة الطراز — البرنس البدائى — تبقى كفصوص كمثرية الشكل صغيرة نسبيا ،




شكل ٣٩٦ ـ انواع شاذة من المخ الأمامى . قطـاع فى نصف الـكرة المخى الأيسر فى : ا ـ سمكة التعظم ( سـمك الكود ) . ب ـ طـائر ( ببغاء ) . فى الأسماك كاملة التعظم سقف البطينات غشاء فقط . المادة السنجابية دفعت الى أسفل والى الداخل لتتصل بالأنوية القـاعدية ( او المخططة ' كفوق مخطط ، وفى الطيور القشرة ضعيفة التكوين ولكن يوجد ( وز الأسماك كاملة التعظم ) تكوين اكبر للأنوية القاعدية ( او الجسم المخط ) . وهناك منطقة ظهرية تسمى « فوق مخطط » يظن انها مركز ارتبا . من النوع العالى . ط ـ بطين . الأنوية القاعدية مخططة .

شكل ٣٩٧ ـ البطينات المخية لنوع من الثدييات المتقدمة ( الانسان ) فى منظر جانبى من اليسار . البطينات ممثلة كاجسام مجسمة وانسجة المخ قد ازيلت ، مع امتداد نصفى الكرة المخيان امتد البطين الجانبى الى قرن خلفى فى الفص المؤخرى ، وكذلك الى اسفل والى الأمام على الجانبين الى قرن جانبى فى الفص الصدغى . ومع هذا الامتداد الخلفى والسفلى تحدث ازاحات فى أماكن اجزاء المخ . فص حصان البحر الذى تكون ظهريا فى السطح الوسطى لنصفى الكرة ( قارن شكل ٣٩٥ و ) . قـد التف فى الثدييات المتقدمة الى الخلف والى اسفل مكان بطنى بجوار الخط الوسطى.




شكل ٣٩٨ ــ منظر جانبى فى أ ــ مخ الشرو و ب ــ مخ الانسان ليبين مناطق القشرة .

ويبقى ايضا البرنس القديم كفص حصان البحر ، وهو عبارة عن منطقة صغيرة كثيفة من السطح الوسطى لنصف الكرة . وفى الثدييات يوضع تركيز على نوع جديد من المادة السنجابية السطحية وهى البرنس الجديد أو القشرة الجديدة ، وقد يتكون هذا الى درجة قليلة فى الزواحف ؛ اما فى الثدييات فان البرنس الجديد يأخذ الجزء الأكبر من السطح الممتد والاكثر تلافيفا من نصفى الكرة . وهذا الغطاء الجديد من البداية نوع عال التكوين من مراكز الربط مع اربع أو ست طبقات من الخلايا الموجودة على طوله ، وهو مثل النوى القاعدية يستقبل اليافا تنقل اليه المؤثرات الحسية من ساق المخ . وكما أنه قد تكون فى تطور الثدييات فانه أخذ كل الوظائف العقلية الكبرى الموجودة فى الستر أو الأنوية القاعدية فى المجموعات الاخرى ، ولم يصبح فقط المركز الموجه الاعظم لنشاط الحيوان ولكن قاعدة للذاكرة والصفات الأخرى كالنباهة والشعور التى تنسب لكائن ثديى ؛ وتقوم عادة مراكز قديمة اخرى مثل الستر والنوى القاعدية بالتحكم فى النشاط العضلى من خلال محطات مختلفة ، وقد كون الستر الجديد فى الثدييات ممرا اهراميا من الألياف يمتد من القشرة مباشرة الى المناطق الحركية الارادية فى الساق والحبل .

ومع الامتداد يميل البرنس الجديد لنصفى الكرة للتغطية والاحاطة بالتراكيب المخية الاخرى فى الثدييات الأكثر تقدما ؛ وكما يرى من مقارنة امخاخ الثدييات البدائية كتلك الممثلة فى الاشكال ٣٨٢ جـ ، ٣٨٥ أ ، ٣٨٧جـ مع الأشكال ٣٨٣ ب ، ٣٨٥ ب ، ٣٨٨ ب أنه توجد فى هذه العملية ازاحة كبيرة وتحريف لمناطق نصف الكرة الأقدم وبناية معقدة للبطنيات المحصورة

كما يرى فى شكل ٢٩٧ . ولما كان انبرنس اساسا عبارة عن صفيحة اكثر مما يكون كتلة صماء فى المواد فان الزيادة البسيطة فى حجم نصفى الكرة تصبح وسيلة غير مقنعة فى النمو ، وفى انواع الثدييات المتقدمة تلتف القشرة كثيرا وتكون ثنيات او تلافيف يتخللها شقوق تسمى بالأخاديد .

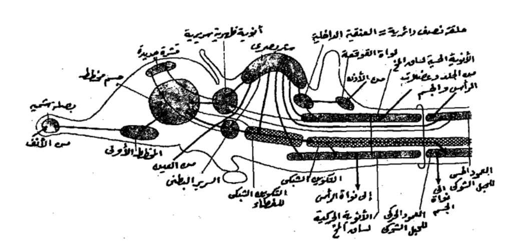
وتوصف قشرة الثدييات غالبا بأنها تتكون من فصوص ( جبهى ، وجانبى ، ومؤخرى ، وصدغى ) وهذه المسميات هى طوبوغرافية تقريبا وليس لها معنى دقيق فيما يختص ببنائها او وظيفتها من مناطق القشرة ، ويوجد جهاز « سلكى » معقد يصل كل أجزاء القشرة بعضها لبعض. ويوحى بأن المادة السنجابية أساسا وحدة لها قدرة متساوية فى كل أجزائها لاى نشاط مخى ، وتظهر التجارب على حيوانات المعمل ودراسة النتائج للأمراض او الأضرار فى مخ الانسان أن هذا صحيح الى درجة كبيرة . وواضح ايضا من جهة اخرى ان بعض مناطق القشرة تتصل طبيعيا بوظائف خاصة ( شكل ٣٩٨ ) . ويشتمل الجزء الأمامى من البرنس على منطقة حركية ويختص الجزء الخلفى بالاستقبالات الحسية ؛ ومناطق خاصة تختص بالأذن والعين ، وفى منطقة عامة حسية جسمية توجد مناطق محددة للاستقبال من الجلد والاحساسات من مستقبلات الحس الخاصة من أجزاء خاصة مختلفة من الجسم ، ومع ذلك نجد فى الانسان بصفة خاصة أن هذه المناطق ذات الوظائف الخاصة من البرنس الجديد تشغل فقط جزءا صغيرا نسبيا من السطح . ويوجد بينهما مناطق غير مشغولة من المادة السنجابية وهى المنطقة الأكثر وضوحا والتى تشغل اكثر الفص الجبهى . ويظهر أن هذه المناطق بعيدة عن عدم الانشغال فهى مناطق رابطة من النوع الأعلى والأعم وقاعدة لكثير من الخواص العقلية كقابلية التعليم والابتكار وتدبر العواقب والحكم على الأشياء .

**نماذج المخ** ( ملخص ) : قد نلخص هنا بعض الصفات الأساسية لتراكيب المخ والتى ذكرت بطريقة مختصرة فيما سبق .

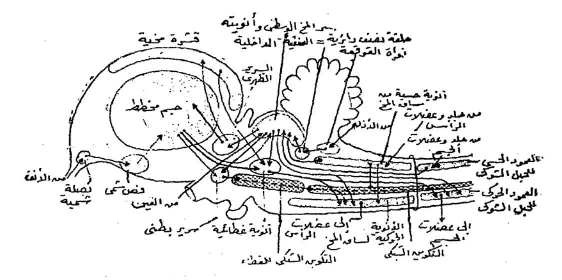
وجزء كبير من ساق المخ منطقة بدائية باقية بأعمدة حسية وحركية ومراكز تشبه كثيرا تلك الخاصة بالحبل الشوكى ؛ وكان تاريخ تطور المخ اساسا عبارة عن احدى التكوينات للمراكز العالية فوق وأمام النخاع ، والمراكز الأكثر وضوحا من هذه هى النموات الظهرية من المادة السنجابية

الصفيحية التى نمت فى المناطق المعينية مع الحواس الخاصة الثلاث . وفى مثل هذه المراكز تجمع المعلومات وتبحث وترسل المؤثرات الحركية الناتجة الى المناطق الحركية لساق المخ والحبل الشوكى .

١ — المركز الأولى للاستقبالات الخاصة بالتوازن ومنبهات الخط الجانبى تقع كلها فى النخاع الذى يتكون فوق المخيخ ، ولا يحرض على اداء أى حركة جسمية الا تلك الانعكاسات الخاصة بأوضاع الجسم المختلفة ، ولكنه يؤمن على أن تصل الى الخارج بطريقة صحيحة الاتجاهات الحركية التى نشأت فى المراكز الأخرى ، وتأتى البيانات الأساسية التى تعتمد عليها أساسا من الأذن المجاورة ومراكز الخط الجانبى وجهاز مستقبلات الحس الخاصة للعضلات والأوتار . وتوجد فى الثدييات اتصالات دقيقة بين المخيخ ونصفى الكرة .



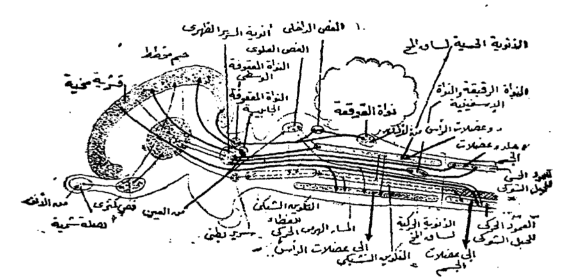

شكل ٣٩٩ — شكل توضيحى للمراكز الرئيسية والنظام « السلكى » فى الزواحف الذى تلعب فيه منطقة الستر للمخ الوسطى دورا أساسيا : الجسم المخطط ( العقد القاعدية ) لها بعض الأهمية كمراكز ربط ؛ ولكن القشرة الجديدة ( البرنس الجديد ) غير مهم . التكوين الشبكى لساق المخ ( خطوط متصالبة ) هام فى حمل البواعث الحركية الى انوية الساق والحبل الشوكى . وفى هذا الشكل المبسط جدا مبين عدد محدود من الممرات بين المستقبلات الجسمية والمتأثرة . المراكز الحشوية والممرات محذوفة مثل الاتصالات المخيخية . ( مبين فى شكل ٣٩٠ ) .




شكل ٤٠٠ ــ شكل توضيحى للأسلاك فى مخ طائر يقابل ذلك المبين فى شكل ٣٩٩ . ولا يزال ستر المخ الوسطى هام ، ولكن الجسم المخطط هو المركز السائد فى كثير من النقاط .

٢ ــ فى الفقاريات الدنيا تقع المراكز الرئيسية التى تتحكم فى النشاط فى ساق المخ : ( أ ) يتكون فى ستر المخ الوسطى مركز كبير للتنسيق وانشاء النشاط الحركى ( شكل ٣٩٩ ) ، وهذا مركز بصرى بدائيا ولكن تنتقل اليه المؤثرات من كل الأصناف الحسية الجسمية ، ومنه ترسل توجيهات الى الخارج الى المراكز الحركية والأعمدة . واذ تصعد فى مراتب الفقاريات نرى أن نصفى كرة المخ ينافسان منطقة الستر ثم يفوقانها اهمية ، بل ان هذه المنطقة تصبح فى الثدييات قليلة الشأن ( ب ) الستر جسمى فى طبيعته ويشبه مركز الاحساسات الحشوية والاستجابات الحركية الحشوية تتكون فى السرير التحتانى .

٣ ــ فى الفقاريات العليا يكون نصفا الكرة أصلا مراكز للاحساسات الشمية فقط ، وقد أصبحت أكثر فأكثر اهمية كمراكز رابطة : ( أ ) أول مناطق المخ التى تكتسب اهمية هى تلك الخاصة بالنوى القاعدية أو الجسم المخطط ، وهو الذى تنتقل اليه فى كل الرهليات الأحساسات الجسمية عبر ممرات من السرير ، ومنه تعود الياف تحمل المؤثرات الحركية الى المخ الوسطى والأعمدة الحركية ، وفى الزواحف يعادل الجسم المخطط الستر الأقدم فى الأهمية ، وفى الطيور هو مركز سائد ( شكل ٤٠٠ ) . ( ب ) فى الثدييات حدث مع ذلك تكوين مختلف ( شكل ٤٠١ ) ، اذ يتكون هناك فى




شكل ٤٠١ ــ شكل توضيحى للأسلاك فى مخ الثدييات بشبه اشكال ٣٩٩ ، ٤٠٠ . ستر المخ الوسطى مختصر الى مركز انعكاس صغير ، والجسم المخطط غير هام نسبيا . ومعظم المؤثرات الحسية ترسل الى اعلى قشرة المخ حيث يوجد ممر حركى مباشر ( ممر هرمونى ) يمتد للمراكز الحركيـة فى ساق المخ والحبل الشوكى .

المادة السنجابية للقشرة مركز جديد اعظم اتساعا للربط والتجمع وهـو الستر الجديد . ويدل هذا على ان الجزء الأعظم من الوظائف العظمى حالما تتركز فى الستر او الجسم المخطط تحصـل على نظـام تام من المعلومات الجسمية الحسية من خلال الياف بارزة من السرير ، وتتكون مبـاشرة ممرات حركية للأعمدة الحركية للمخ والنخاع الشوكى .

الفصل السابع عشر

# أعضاء الغدد الصماء

لقد وصفنا فى الفصل الأخير الجهاز العصبى موضحين انه معقد جدا ولكنه ذو قدرة عالية فى تنظيم المناشط الجسمية برسائل تستقبل من ، وترسل الى ، مناطق خاصة من الجسم بسرعة وبدقة . وسنتكلم هنا عن جهاز ثان متكامل تحمل بتأثيره التعليمات والتوجيهات من خلال الدم برسل كيميائية تسمى الهرمونات التى تنتجها الغدد الصم . وهذه الوسيلة فى النقل هى طبيعيا ابطأ من النقل بواسطة النبض العصبى ، كما أن تأثير الهرمونات غالبا ما يكون أوسع انتشارا فى الجسم حيث يصل الى اعضاء مختلفة وانسجة بعكس ما تستطيعه « شكة الدبوس » فى الجهاز العصبى . ولكن بالرغم من انتقال الهرمونات الغامض وغير المعقول ، فان كثيرا من الهرمونات ليست مهمة فقط ولكنها ضرورية جدا للابقاء على حياة الكائن الحى .

وقد جمعت فى هذا الفصل للتبسيط حقائق عن كل التراكيب الموجودة فى الجسم والمعروفة بانها تنتج هرمونات ، وهى مع أنها لا تكون جهازاعضويا الا انها منتشرة هنا وهناك فى الجسم ، وكما يقال فى بعض الحالات من المقدمة الى الدقة ، وقد تنشأ من مصادر مختلفة . ويشبه الوضع هنا الى حد ما وضع الأعضاء المكونة للدم ، وكما انه لا يهمنا فى اى جزء من اجزاء الجسم تنتج الكريات الدموية فان المنطقة التى تنتج الهرمونات ايضا غير محددة ما دامت هذه الهرمونات تستطيع أن تمر فى بعض عناصر الجهاز الدورى ومنه يتم توزيعها على الجسم .

ومع ان الجهازين العصبى والهرمونى منفصلان الا انهما لا يستقلان تماما بعضهما عن بعض ، وقد يتاثر الجهاز العصبى تأثيرا شديدا بالهرمونات مباشرة او غير مباشرة . ومن جهة اخرى فان الغدة المسيطرة على الجهاز الهرمونى وهى الغدة النخامية تتاثر كثيرا بالسرير التحتانى المجاور لها ، كما أن بعض هرمونات هذه الغدة تنتجها عقد عصبية موجودة فى هذه المنطقة من المخ ، كما ان نخاع الغدة الكظرية ولو انه عضو هرمونى الا انه يتكون من خلايا عصبية محورة .

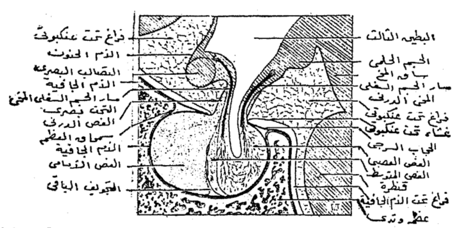
والآن نتساءل عن هذين الجهازين المنظمين أيهما اقـدم العصبى او الهرمونى ؟ لايوجد جواب واضح على هذا ، ومن المحتمل أن يكون الجهازان قد تطورا بطريقة واحدة . فالأجهزة العصبية البدائية توجد فى الحيوانات الميتازوا ( البعديات ) البدائية جدا ، والأجهزة الهرمونية معروفة فى عدد من اللافقاريات . ومما لا شك فيه أن هناك الكثير مما ينتظر ازاحة الغطاء عنه . واية مادة كيماوية تعطيها اية خلية فى الجسم كنتيجة لعمليات الأيض فيها من الممكن ان يكون تأثيرها نافعا او ضارا فى الاجزاء الأخرى للكائن الحى . ومن المؤكد انه قد نشأت فى أثناء تطور الحبليات عمليـات من الانتخـاب التطورى للمنتجات الكيموية التى تفيد وتخدم حياة الكائن الحى . وهى عمليات تشبه فى الطبيعة تلك التى تطورت تحت تأثيرها التراكيب المرفولوجية .

## الجسم السفلى المخى

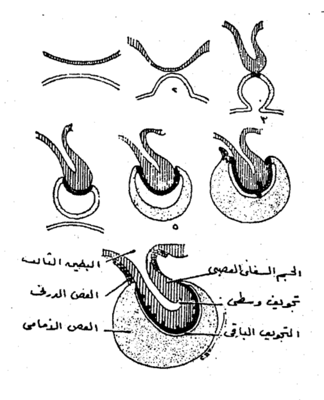
يوجد فى المخ منطقة سرير المخ تركيب صغير ولكنه ذو اهمية كبرى ؛ وهو العضو الهرمونى الاكبر فى الجسم ــ الغدة النخامية او الجسم السفلى المخى (اشكال ٢٠٩ ، ٣٨١ ــ ٣٨٥ ، ٣٨٨ ــ ٣٩١ ، ٣٩١ ، ٤٠٢ ، ٤٠٣) . وفى معظم الفقاريات تكون الانسجة النخامية كتلة واحدة مدمجة توجـــد داخل كيس ( السرج التركى ) فى قاع حافظة المخ . ومع ذلك فان للغدة فى الواقع تركيبا مزدوجا ولجزئيها اصلا جنينيا مختلفا ويعملان بطرق مختلفة ( شكل ٤٠٤ ) .

وتمتد من سرير المخ الجنينى الى اسفل استطالة جوفاء تشبه الاصبع، وهى القمع كما ينمو الى اعلى من الفم الجنينى كيس اكتودرمى هو كيس الجسم السفلى ( كيس راتك ) . ومن هذين التركيبين الجنينين تتفصص كتل من الأنسجة التى تكون بعضها مع بعض مكونة الغدة النخامية او الجسم السفلى المخى فى الحيوان اليافع .

ولو أنه تطلق أسماء مختلفة على اجـزاء الغـدة ، فمن المستحسن اعتبارها مكونة من جزئين او فصين تبعا لنشأتها الجنينية . الجسم السفلى الغـدى الـذى ينشـأ من كـيس الجسـم السفلى والجســم السفلى العصبى الذى يتــكون من انســجة المخ ، والواقــع أن الجــزء الأكبر من الجســـم الســـفلى الغـــدى ــ فى الحقيقــــة الجزء الأكبر مــن




شكل ٤٠٢ ــ قطاع فى الغدة النخامية والتراكيب المجــاورة لهــا فى الانسان عند قاعدة المخ . ( من تيرنر ) .



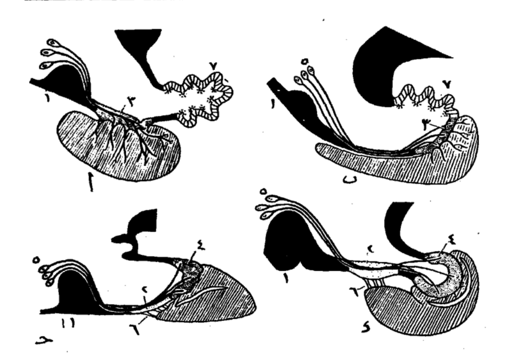

شكل ٤٠٣ ــ اشكال توضيحية تبين اطوار تكوين الغدة النخاميــة فى الثدييات من انسجة المخ ( مخططة ) ومن كيس الجسم السفلى ( كيس راثك ) . وكما يرى يتكون الجسم السفلى العصبى فقط من مادة عصبية . اما الأجزاء الثلاثة الأخرى التى تكون الجسم السفلى الغدى تنشأ من طلائية الجيب . ( عن تيرنر ) .

الغدة كلها ـ هو الفص الأمامى . وبالاضافة الى ذلك يمكن تمييز (وخاصة فى الثدييات ) الفص الدرنى الذى ينمو حول ساق القمع والفص المتوسط الذى قد يلتحم مع الجزء العصبى من الغدة . ويتكون الجسم السفلى العصبى اساسا من فص عصبى . ولكن القمع الذى يتكون من قاعة الفص يمكن أن يعتبر جزءا من الجسم السفلى العصبى . وكما سنرى فان جزءا صغيرا من السرير النخامى هو من جهة الوظيفة ايضا جزء من جهاز الجسم السفلى العصبى .

ويوجد اختلاف كبير فى تركيب الغدة النخامية بين بعض الفقاريات الدنيا ، ففى الجلكى على سبيل المثال لا يوجد فص عصبى متكون وما يقابله ببساطة هو صفيحة من الأنسجة فى قاع سرير المخ ، ويتكون الجسم السفلى الغدى من نسيج ينشأ من انبوبة تؤدى الى الخلف تحت المخ من الفتحة الأفقية ( شكل ٢٣١ ب ، ص ) . وفى الأسماك الغضروفية يوجد قمع واضح وكتلة متكونة جيدا من نسيج الفص القصبى ، ويوجد هنا وفى كل الأنواع الأعلى تقريبا كيس الجسم السفلى مقفل ، ويوجد كيس سفلى غدى متكون تماما ، ولكن لا توجد فى الأسماك الشبيهة بالقروش والأنواع ذات الزعانف المشععة انقسامات ملحوظة فى هذا الجزء من الغدة ، ويوجد فى الأسماك الرئوية ، وفى اغلب الحيوانات الارضية فص متوسط واضح بالاضافة الى الفص الأمامى ، ولكن الفص الدرنى تكوين غير عادى نسبيا .

وكان يظن اصلا ان الهرمونات التى تنتج من جزئى الجسم السفلى كانت تنتجها خلايا تقع فى العضو نفسه ، ولكن ظهر فى السنين الحديثة مع ذلك أن الفص العصبى هو تقريبا منطقة اختزان للهرمونات التى تمر الى الدم . وتتكون الهرمونات حقيقة فى اجسام الخلايا العصبية للمخ فى الجهاز العصبى ، وتقع فى أنوية الجسم السفلى التى تسمى فوق بصرى والنوى جار البطنية . والمواد التى تفرزها هذه الخلايا تمر الى اسفل عبر محاورها الى الفص العصبى لتخزن هناك ، ومن ثم تدخل الى الدم .

وعلى العكس من ذلك فان الهرمونات الأكثر عددا التى ينتجها الجسم الغدى ـ كلا من الفص الأمامى والفص الوسطى تفرز ـ بكتل الخلايا التى توجد حقيقة فى هذه التراكيب . ويتأثر الجسم السفلى الغدى بقوة بالمخ فى انتاجه للهرمونات . والوسيلة التى يتم بها هذا التأثير مهمة ، ففى



شكل ٤٠٤ ـ قطاع طولى وسطى فى الغدة النخامية . أ ـ سمكة كاملة التعظم وهى ثعبان السمك . ب ـ القرش ـ كلب السمك . جـ ـ سمكة رئوية « بروتوبترس » . د ـ حيوان رهلى . الجسم السفلى الغدى (مخطط بخطوط رفيعة ) . الجسم السفلى العصبى ( منقط ) ١ ـ التصالب البصرى . ٢ ـ الفتحة الوسطى . ٣ ـ الجسم السفلى العصبى . ٤ ـ الفص العصبى المتكون . ٥ ـ الأنوية قبل البصرية العصبية الافرازية . ٦ ـ الأوعية البابية . ٧ ـ أكياس وعائية . وتبين هذه القطاعات خاصة الأمداد العصبى الافرازى الى الجسم السفلى العصبى والجهاز البابى فى الأسماك الرئوية . و ـ رباعيات القدم . ( من وينج ستراند ) .

كثير من الأسماك تمر الياف عصبية الى الجسم السفلى الغدى ، فتهيء امرا معقولا عن طريقه يستطيع المخ ان يؤثر فى النشاط الغدى . ولكن ليست هذه هى الحال فى الأسماك الرئوية ورباعيات القدم فقد تدخل الياف عصبية الفص الوسطى ، ولكن ( وذلك فيما عدا الألياف التى يظهر انها الياف عصبية ذاتية للأوعية الدموية ) لايخترق احدها الفص الامامى حيث تتكون كل الهرمونات تقريبا . فى مثل هذه الحالة كيف يستطيع المخ ان يؤثر فى العقدة؟

والمعتقد ان ذلك يتم عن طريق غير مباشر من خلال جهاز بابى محلى عجيب من اوعية دموية دقيقة . فالأوعية التى تحمل الدم الشريانى الى

الجسم السفلى الغدى تمر بالقرب من ، أو من خلال ، قاع سرير المخ أمام القمع . ويوجد ممر يحمل الافرازات الى الفص العصبى من خلال نفس المنطقة ، وهى التى تميل فى الثدييات خاصة لتكوين جزء صغير من انتفاخ على السطح السفلى للمخ يسمى الفتحة الوسطى وفى الأسماك الرئوية ورباعيات القدم تدخل الأوعية الدموية الى الجزء السفلى الغدى منطقة الفتحة الوسطى ، وتتفرع الى جهاز شعيرى ، ثم تجمع ثانية كمجموعة من الأوردة البابية الصغيرة لتمر الى الفص الأمامى ، ويظن أن الدم فى أثناء مروره خلال الفتحة الوسطى يلتقط مواد السائل العصبى التى تؤدى وظيفتها كعامل ينقل « التعليمات » من المخ الى الغدة . ويظهر ان هذا الطريق دائرى عجيب يؤدى وظيفة هامة ، ولكن لم تعرف ولم تقترح طريقة مؤثرة أخرى .

وقد عملت محاولات لمعرفة أسلاف الجسم السفلى أو مكوناته فى الحبليات الدنيا . فللسهم قطع صغيرة فى سقف الفم وقاع أنبوبة المخ العليا ، وهى تقارن بجيب الجسم السفلى والقمع على التوالى ، ولكن وجه الشبه غير واضح تماما . وتوجد فى الغلاليات اليافعة غدة عصبية تذكرنا من بعض الوجوه بالغدة النخامية ( شكل ١٦ ) . وتفتح هذه الغدة فى الجانب الظهرى المورفولوجى لمدخل البلعوم ، وتقع ملاصقة وتحت عقدة عصبية هى أقرب ما تكون الى تركيب مخى موجود فى الجهاز العصبى البسيط فى الغلاليات اليافعة ، ومن الناحية المورفولوجية قد تعتبر الغدة العصبية منطقيا كسلف للجسم السفلى ، ولكن لا يوجد دليل ايجابى على أنها تركيب ينتج هرمونات .

ومن المعروف أن الغدة النخامية تفرز حوالى تسعة أو عشرة هرمونات . ولا تزال هناك هرمونات أخرى موجودة أو يظن أنها موجودة فى هذه الغدة . والجزء الأكبر من الدراسات التى تختص بالهرمونات عملت على الغدة النخامية فى الثدييات ، ولكن جزءا كبيرا من هذه المجموعة الهرمونية كلها قد وجد فى طوائف الفقاريات . واغلب الهرمونات النخامية ينتجها الجسم السفلى الغدى وخاصة الفص الأمامى ، وكلها بروتينات أو بولبتيدات ومن الممكن وضعها فى كشف ووصفها باختصار .

**هرمون النمو او تروفين جسمى** ( هـ . ت . ج ) وله تاثير كبير فى النمو والايض عامة ، مع تأثير واضح على نمو الهيكل العظمى والعضلات وايض

الدهون والكربوايدرادات وحفظ ازوت البروتين فى الانسجة ، واخيرا يزيد من تأثير الهرمونات الاخرى على نشاط الغدة الدرقية وقشرة الكظر والاعضاء التناسلية .

**كورتيكوتروفين** ( ا . ك . ث . ف ) وهو حيوى بالنسبة لنشاط قشرة الكظر فى افرازها للهرمونات وله بعض التأثير فى الأيض فى حالات أخرى .

**ثيروتروفين** ( هـ . ج . د . ) وهو ضرورى ، كحافز للغدة الدرقية لتكون وتفرز الهرمونات الدرقية .

**برولاكتين** ويختص اساسا بالتراكيب الجنسية ونشاطها ، ولذلك فهو يسمى مع الهرمونين التاليين « جونادوتروفيك » وهذه الهرمونات تعرف جيدا فى الثدييات كما أنها سميت من ملاحظة تأثيراتها على هذه الحيوانات . ويؤثر البرولاكتين فى افراز اللبن ويطيل فى الحياة الوظيفية للجسم الأصفر ( وما ينتج عن ذلك من استمرار افراز البروجستيرون ) . ونحن نعرف القليل عن وظائفه فى الفقاريات الأخرى الا بعض الملاحظات مثل تأثيره فى غدة الحوصلة لتغذية صغار الحمام ، كما انه يحفز النيوت على الدخول فى الماء للأغراض التناسلية .

**الهرمون المصفر ( هـ . ص ) أو الهرمون الحافز للخلايا البينية :** ( هـ . ح . خ . ب ) وهو يؤثر فى نضج المناسل وانتاج الهرمونات الجنسية ويؤثر فى تكوين الجسم الأصفر ، وافراز البروجستيرون فى المبيض ، وينشط الخلايا البينية فى الخصيتين ، ويحفز انتاج الهرمونات الذكرية ونضوج الحيوانات المنوية .

**الهرمون الحافز لحويصلات المبيض :** ( هـ . ح . ح . م ) . يحفز نمو الحويصلات المبيضية وبالاشتراك مع الهرمون المصفر يحفز افراز الهرمونات الجنسية الأنثوية ، وكذلك البيض وقد يساعد ايضا على نضج الحيوانات المنوية .

**الهرمون المتوسط او الهرمون الحافز للخلايا الحاملة للون الأسود :** ( هـ . ح . خ . س ) ويؤثر انتشار الجبيات الملونة فى الخلايا السوداء ويصبح لون الجلد داكنا . وعلى عكس الهرمونات التى ذكرت فان هذا

الهرمون ( كما يدل اسمه ) ينتجه الجزء الأوسط من الغدة عندما يتم تكوين هذا الجزء .

**هرمون تركيز الحبيبات السوداء :** ( هـ . ت . ح . س ) ويعمل عكس الهرمون المتوسط ويسبب تركيز الحبيبات السوداء داخل الخلايا السوداء ويوجد هذا الهرمون فى الأسماك والبرمائيات ولكنه كما يظهر لا يوجد فى الرهليات .

وعلى عكس هذه الثروة من الهرمونات التى ينتجها الجسم السفلى الغدى فان الجسم السفلى العصبى يفرز هرمونين اثنين هما : البوليبتيد فاسوبرسين أو الهرمون المضاد لادرار البول واكسيتوسين . ويختص الأول منهما بزيادة ضغط الدم عن طريق انقباض الشرنينات والتحكم فى اخراج الماء أو اخذه بطرق مختلفة فى الأنواع المختلفة من الفقاريات . أما الثانى وهو الاكسيتوسين فهو معروف جيداً من تأثيره فى أنثى الثدييات فى انقباض عضلات الرحم وتكوين غدد اللبن وافرازه بعد ولادة الصغار . ويظهر من ذلك ان لهذا الهرمون تأثيرا جنسيا على الأقل على بعض الفقاريات الأخرى ، وعلى سبيل المثال الأبياض فى أسماك المينو(١). ويظهر واضحا انه بعكس أهمية الهرمونات العديدة للجسم السفلى الغدى فان هرمونات الفص العصبى غير ضرورية وتلعب دورا بسيطا فى اقتصاديات الجسم .

## الغدد جارات الدرقية

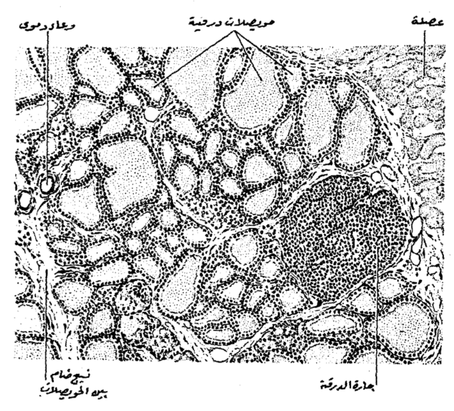
ومن بين الغدد التى تنشأ من منطقة الجيب الخيشومى للجنين فى رباعيات القدم توجد تراكيب صغيرة وعادةً ماتكون زوجين اثنين ، وتسمى بالغدد جارات الدرقية ( أشكال ٢٤٥ ، ٣٤٦ ، ٢٤٧ ؛ شكل ٤٠٥ ) . وتقع هذه التراكيب فى الحيوان اليافع فى أمكنة مختلفة نوعا ما فى منطقة الرقبة ، أما فى الانسان فتوجد مدفونة داخل الانسجة الدرقية . وقد أعطيت هذه الغدد منذ زمن بعيد أهمية عندما اكتشفت أن ازالة أجزاء من الغدة الدرقية المحتوية عليها فى الانسان تؤدى الى موت المريض ، وهذا

---

(١) سمك المينو سمك صغير يوجد فى انهر أوربا .

( المترجم )

نتيجة لما هو معروف الآن من ان جارات الدرقية تشترك بعمق فى ايض الكالسيوم والمغنسيوم . وجارات الدرقية بشكلها هذا غير موجودة فى الأسماك . ولكن هناك ادلة تفترض ان الاجسام الخيشومية النهائية التى




شكل ٤٠٥ ـ الانسجة الدرقية وجار الدرقية فى الفأر . ( عن تيرنر.) .

تتبرعم من النهاية الظهرية لمجموعة الجيوب الخيشومية تتصل الى درجة ما على الاقل بأيض الكالسيوم .

## الغدة الدرقية

تنشأ أيضا من الزور ولكن ( على عكس جارة الدرقية ) تتبرعم الغدة الدرقية من قاع البلعوم فى الجنين اكثر مما تتبرعم من جلده (شكل٤٠٥) . وتقع فى الإسماك اليافعة تحت غرفة الخياشيم ، أما فى رباعيات القدم عامة فتقع فى الجهة البطنية للقصبة الهوائية فى اية نقطة على طول الرقبة . والغدة الدرقية فى اغلب الفقاريات تركيب مفرد ولو انها غالبا ذات فصين وتكون هذه الغدة فى الطيور والبرمائيات والأسماك كاملة التعظم مثاليا زوجية فى

الحيوان اليافع . فى الأسماك كاملة تتعظم والى درجة أقل فى انواع الفقاريات الأخرى قد توجد كتل صغيرة منفصلة من أنسجة الغدة الدرقية فى أماكن بعيدة عن الغدة الأساسية . وتحتوى أنسجة الغدة الدرقية على عدد من الحويصلات المستديرة الصغيرة تحيط بها طلائية مفرزة تصب فى تجويف وسطى ممتلىء بمادة غروية تشبه الغراء ، وفى هذه المادة الغروية تختزن كميات من البروتين الحامل للأيودين والذى تتكون منه الهرمونات الحاملة للأيودين وتطلق فى الدم ، وانتاج الغدة الدرقية هام جدا فى المحافظة على أيض الأنسجة ، كما انها تختص بوظائف تناسلية ومظاهر النمو . وأهم وظيفة لها تسترعى الانتباه هى تحكمها فى تحور البرمائيات .

وللدرقية نسب يمتد الى الخلف فى تاريخ الحبليات . وتوجد فى كل من السهيم والغلاليات ممرات مهدبة وغدية جزئيا تصفى على طولها حبيبات الغذاء من تيار الماء ، ثم تحمل الى الخلف الى منطقة الأمعاء ( اشكال ٤ — ٦ ص ١٥ ، ١٦ ، ١٨ ) ومثل هذا الممر الموجود فى قاع البلعوم فى السهيم هو الذى يسمى بالأندوستيل . وفى كل من أندوستيل السهيم والغلاليات تفرز مركبات الأيودين التى تحمل الى ممر الغذاء مع المواد الغذائية . وليرقة الأموسيتس للجلكى نفس عادة التغذية ، ولها ميازيب مهدبة مثل تلك الموجودة فى السهيم والغلاليات . وينتهى هذا الميزاب البطنى فى الخلف بجيب عميق فى قاع البلعوم حيث تفرز مواد حاملة للأيودين تحمل الى الممر الغذائى ( شكل ٢٣١ أ ) .

والأندوستيل وكذلك غدة الأموسيتس تركيب بلعومى بطنى وسطى يشبه فى مكانه الغدة الدرقية ، ولكن هل هما متشابهان حقيقة . الواقع أن الجلكى يعطينا اجابة دقيقة ايجابية ، فمنذ التحور يقفل الجيب الأندوستيلى فى اليرقة عن المعى ويتكون من سلسلة من الحويصلات التى هى من غير نزاع تركيب درقى ، والدرقية كما يظهر كانت غدة ( افراز خارجى ) ذات قناة وكان افرازها يصب فى المعى . ثم أصبحت بعد ذلك غدة صماء ، ولكن أهميتها هى ان هرموناتها وحدها هى التى يمكن تعاطيها بالفم .

## الجزر البنكرياسية

ولو أن الجزء الأكبر من النسيج الغدى للبنكرياس مختص بانتاج الانزيمات التى تمر من خلال القنوات الى الأمعاء الا أنه يمكن أن ترى مناطق من أنسجة من نوع آخر تنتشر فى الغدة كجزر منفصلة ( شكل ٢٦٣ ) .

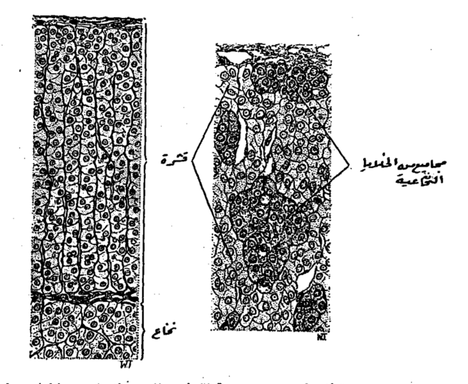
وهذه هى جزر لانجارهانز التى تتكون من خلايا غدية فى طبيعتها ولكنها غير مزودة بقنوات ، ومن ثم فهى تكون غدة صماء ترسل افرازات الى الدم . والمادة الانسيولينية موزعة عادة بين الانسجة العادية للبنكرياس المتكون . وفى الأسماك كاملة التعظم مع ذلك توجد تجمعات صغيرة من جزر الخلايا تنتشر هنا وهناك فى منطقة المعى العامة . وفى قليل من الأسماك تكون هذه الأنسجة عضوا صغيرا خاصا بنفسها .

وتنتج الجزر هرمونا بروتينيا خاصا هو « الانسيولين » وهذه المادة لها تأثير تنظيمى مهم فى الأيض ؛ وخاصة الكربوايدرادات ، والاختلال فى امدادها يسبب المرض المعروف بمرض السكر ( مرض السكر البنكرياسى ). كما توجد مادة أخرى تفرزها جزر البنكرياس وهى بوليبتيد جلوكاجون وتميل هذه المادة الى زيادة سكر الدم وذلك بتكسير الجليكوجين المخزون فى الكبد .

## الانسجة بين الكلوية وقشرة الكظر

يوجد فى اغلب رباعيات القدم بجوار الكليتين ويغطيهما من اعلى زوج من تراكيب الغدد الصم يسمى الكظر ( أو الغدد فوق الكلية (شكلى ٢٧٣ و ٢٧٥ ) . ويظهر الفحص الميكروسكوبى لهما وجود نوعين من الانسجة المختلفة مختلطة او متجاورة فى الوضع فى رباعيات القدم ، اما فى الثدييات فتتكون من طبقتين واضحتين هما : القشرة والنخاع اللذان يكونان عضوا واحدا مدمجا ( شكل ٤٠٦ ) . وكلا الجزئين غدد صماء ولكن من نوعين مختلفين ، والنسيج النخاعى جزء متحور من الجهاز العصبى . والمادة القشرية ذات طبيعة مختلفة . ولا يتكون الكظر ابدا فى الأسماك ، ولكن فى القروش فان المكونين للكظر واضحان تماما ، اما فى الأسماك الأخرى فتنتشر كتل من الخلايا تمثل كلا المكونين اللذين يوجدان بين الكليتين وحولهما وعلى طول الأوعية الدموية الكبيرة فى الجهة الظهرية للسيلوم . والمواد القشرية تسمى الانسجة الكلوية الداخلية .

وقد عرف منذ اكثر من قرن مضى ان مادة القشرة حيوية للمحافظة على الحياة ؛ اذ ان موت الانسان نتيجة للمرض المسمى « مرض اديسون » كان دائما مصحوبا بتلف فى قشرة الكظر . ومنذ ذلك الوقت اكتشف ان




شكل ٤٠٦ ـ قطاع فى جزء من غدة الكظر ( الجزء الخارجى الأعلى ) فى الثدييات ( فأر ) يبين الانقسام الى طبقة قشرية وطبقة نخاعية ، وايضا فى حيوان زاحف ( هيلودرما ) حيث يختلط النسيجان . ( عن تيرنر ) .

خلايا القشرة تفرز مجموعة من الهرمونات الاستيرودية التى لها تأثير واسع الانتشار فى الوظائف الجسمية . والوظائف الأساسية لهرمونات القشرة هى مساعدة الجسم على مقابلة الشدائد المستمرة لفترات طويلة ، على عكس وظيفة نخاع الكظر الذى يتكفل بمعالجة الطوارىء القصيرة الأمد ( كماهو مبين فيما بعد ) ، والتأثيرات الأكثر خاصية للهرمونات القشرية هى ـ من بين مختلف التأثيرات ـ تنظيم التوازن بين الملح والماء فى الخلايا وسوائل الجسم وكذلك فى الأيض وخاصة أيض الكربوأيدراتات .

وتوحى اهمية هرمونات القشرة فى تنظيم الماء والملح بأن هناك عـلاقة من نوع ما بين المواد القشرية والكلية . وهذه العلاقة الفسيولوجية المشتركة والعلاقة الطبيعية للكلية والكظر ليست علاقة طارئة ، ولكن لها معنى تاريخيا يظهره الأصل الجنينى لأنسجة القشرة ، فهما يظهران كشريطين من الخلايا التى تتبرعم من طلائية سقف البلعوم وسط انيبوبات الكلية المتكونة وعلى

جانبى المناسل ، وهكذا تنشأ الكلية وقشرة الكظر من منطقتين متجاورتين من الميزودرم الجنينى .

## النسيج المحب للأصباغ ونخاع الكظر

يختلف الجزء النخاعى والتراكيب السابقة له فى الفقاريات الدنيا فى النشأة والوظيفة عن الجزء القشرى لغدة الكظر ، ونحن نتعامل هنا مع جزء من الجهاز العصبى الذى تحور ليؤدى وظيفة غدة صماء ، ولقد رأينا أن الامداد العصبى الحركى الحشوى الى الأعضاء الداخلية للجسم من نوع خاص لا تصل فيه النبضات مباشرة الى العضلات الملساء أو الغدد المعنية ، ولكنها تنقل من خلال مجموعات من الخلايا العصبية بعد العقدية ، وهى التى تعطى السوائل العصبية عند أطرافها . وخلايا نخاع الكظر والتراكيب المشابهة له فى الفقاريات الدنيا هى خلايا عصبية بعد عقدية متحورة كثيرا .

وفى حالات مختلفة توصف مجموعات من الخلايا موجودة فى كل مكان من جسم الحيوان الفقارى وخاصة على طول المنطقة القريبة من الأورطى الظهرى أ وملاصقة للعقد السيمبتاوية وتسمى بالخلايا المحبة للأصباغ والاسم مشتق من استعداد هذه الخلايا للاصطباغ ببعض أملاح الكالسيوم . وهى تنشأ جنينيا من خلايا تهاجر الى أسفل على طول ممرات أفرع العصب الحشوى ، ومن ثم فهى تتشابه فى النشأة مع الخلايا العصبية بعد العقدية للجهاز السيمبتاوى . وفى الأسماك توجد كتل صغيرة من مثل هذه الخلايا تصاحب غالبا الأنسجة بين الكلوية ،وتوجد بين الكليتين وعلى طول الحائط الظهرى لتجويف الجسم ، ومن المناسب أن تسمى بجارات الغدد حيث أنها تتساوى جنينيا مع العقد السيمبتاوية التى قد تتصل بها وخاصة فى القروش ( شكل ٣٧٣ ) . وفى رباعيات القدم تبقى مجاميع من الخلايا الصغيرة من هذا النوع ومعظم المادة المحبة للصبغ مركزة فى كتلة مدمجة من النسيج الذى يكون جزءا من غدة الكظر والذى يغطى الكلية من أعلى . وفى الثدييات تتركز الخلايا المحبة للصبغ فى وسط جسم الكظر مكونة نخاعها ( شكل ٤٠٦ ) ، وهى أكثر انتشارا ومبعثرة مع مكونات القشرة فى رباعيات القدم الدنيا .

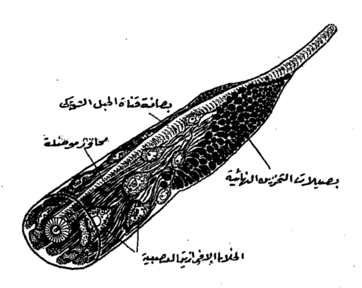
وتمد كتل الخلايا هذه أعصاب من الألياف العصبية الذاتية وعادة قبل عقدية ، وتفرز فى الدم عند اثارتها مادتين كيماويتين وثيقى الصلة بعضهما

ببعض ويشبهان تلك المواد التى تعطيها الألياف بعد العقدية للجهاز العصبى السيمبتاوى ، وهما الكظرين واللاكظرين ، ومع ذلك فالكظران هنـــا هو الأوفر انتاجا . وخلايا نخاع الـكظر لا تبدو كخلايا عصبية ، اذ تنقضهـا بالاستطالات الليفية . ولما كانت تشبه الخلايا العصبية السمبتاوية بعـد العقدية فليس من العجيب ان تفرز سائلا عصبيا مشابها . والفرق هو أن الخلية العصبية السمبتاوية الحقيقية تنتج كميـة قليلة فقط من المـادة الشبيهة بالـكظرين والتى تؤثر فقط فى التراكيب المجاورة لها مباشرة ، فى حين أن كتلة الخلايا الـكظرية قادرة على انتاج كميات كبيرة وبسرعة من هذه المواد التى قد يكون لها تأثير سريع وقوى « كطلقة البندقية » على كل أعضاء الجسم عندما يحملها الجهاز الدورى ، فتقوى الكائن الحى لاستقبال الشدائد .

## ذيل الجسم السفلى

## ( أو ذيل النخامية )

كما هى الحال فى كل الفقاريات قد تتكون منطقة مفرزة أمامية خاصة من الجهاز العصبى المركزى كجسم سفلى عصبى . وهكذا فى أغلب الأسماك ، ان لم يكن فيها كلها ، قد ينشأ جهاز افرازى خلفى . ومن المعقول ان يسمى هذا الجهاز ذيل الجسم السفلى ، وهو تام التكوين فى كثير من الأسماك كاملة التعظم ( شكل ٤٠٧ ) . فتوجد فى الحبل الشوكى عند نهاية منطقـة الذيل خلايا كبيرة يظهر انها افرازية بطبيعتها . وتمتد الى الخلف من هذه الخلايا الياف ــ محاور ــ قد تنتهى بنهايات بصيلية ممتلئة بمواد مفرزة . وتتجمع غالبا هذه البصيلات عنـد السطح السفلى للحبل الشوكى مسـببة انتفاخا بسيطا أو تركيبا شبيها بالتآليل . وغالبا ما يكون مرئيا للعين المجردة عند التشريح ، وطبيعة الافراز غير معروفة تماما حتى وقتنا هذا ، ولكن يظهر أنه يؤثر فى تنظيم المحتوى الملحى للدم ، وفى الأسماك كاملة التعظم يظهر أنه يؤثر فى افراز الغاز داخل مثانة العوم .




شكل ٤٠٧ ــ ذيل الجسم السفلى فى ثعبان السمك . ترى نهاية الحبل الشوكى كأنها شفافة ( فيما عدا خلايا طبقة بطانة الحبل الشوكى الداخلية) ويرى عدد من الخلايا العصبية المفرزة والمحاور التى تسيــل على طولهــا الافرازات ، وفى نهاية المحاور توجد البصيلات المنتفخة . ( عن انامى ) .

## الهرمونات الجنسية

يتأثر التكاثر فى الفقاريات ، أكثر من أى نشاط آخر ، بقوة بالهرمونات من كلتا الناحيتين التشريحية والنظام السلوكى . ويستحق هذا الموضوع مجلدا خاصا ، ولكننا سنصف هنا باختصار مظاهر الصورة المعقدة التى لها صلة بالمظاهر المرفولوجية . والهرمونات الجنسية كما ذكر من قبل فى هــذا الفصل تتأثر بقوة بالهرمونات الجنسية التروفية للغدة النخامية .

وباستثناء واحد (١) فان الهرمونات التى تفرزها المناسل هى استيرويدات وتسمى اندروجينات ( هرمون الخصية ) عنــــدما تنتجها الخصـــــية أولا

(١) الاستثناء هو البروتين ريلاكسين( Protein Relaxin )، وهو هرمون انثوى يسبب استرخاء الارتفاق العانى فيسهل ولادة الأجنة فى الثدييات وله فائدة اخرى وهى مساعدة التكاثر فى الفقاريات الدنيا .

واستيروجينات عندما ينتجها المبيض . وهذه الاستيرويدات متشابهة جدا في التركيب الكيماوى مع هرمونات قشرة الكظر . والعلاقة بينهما وثيقة حتى ان المناسل والقشرة لايمكن التفريق تماما بين دور كل منهما كمنتج للهرمونات. ومن الممكن أن تكشف عن كمية محدودة من الهرمونات الجنسية بين الافرازات القشرية . كما ان جزءا صغيرا من منتجات المناسل الهرمونية هى مواد خاصة بقشرة الكظر . وابعد من ذلك ان مناسل الذكر والأنثى لايختلف انتاجهما تماما ، لأن مناسل الذكر قد وجد انها تفرز بعضـــا من هرمونات الأنثى والعكس بالعكس .

وهذا التشابه بين الانتاج الهرمونى لقشرة الكظر والمناسل نتيجة لتشابه أصل الخلايا التى تكونها . وبخلاف الخلايا الجنسية الحقيقيـــة ( والتى لاتتدخل فى انتاج الهرمونات ) فان كل المواد التى تنتج المناسل تنشأ كما رأينا من الميزودرم الذى يبطن الحافة الظهرية لتجويف السيلوم على كل من جانبى الخط الوسطى ، وتنشأ خـلايا قشرة الـكظر من المنطقـــة المجـــاورة للميزودرم بين المناسل والكلى .

وعندما تم تحليل اندروجين منسل الذكـر وجد انه استرويد تستستيرون . أما فى الأنثى فأغلب الاسترويدات هى اســتروجينـــات ــ اســـترادیول ثم الاستيرون وهو الأقل كثيرا فى القدرة . ماهى العناصر الخلوية فى المناسل التى تنتج هذه الهرمونات الجنسية ؟ يظهر أن المصدر الأكبر فى الخصى هو خلايا بينية متخصصة منفصلة عن الأنيبوبات المنوية أو الامبولات، وتقع هذه الخلايا مع النسيج الضام فى المسافات بينهما (شكل ٢٨٦) . ومع ذلك يظهر فى بعض الحالات الخاصة انه يوجد مصدر ثان للأندروجين . ففى بطانة الأنيبوبات أو الامبولات توجد بجوار العناصر المنتجة للحيوانات المنوية خلايا مدعمة ( خلايا سيرتولى ) لها نفس النشأة الجنينية مثل الخلايا البينية ، وقد تكون لها نفس القدرة على انتاج الهرمونات ( شكل ٢٨٦ ) . والمواد الخلوية المبيضية لها أصل جنينى مشترك مع الخلايا البينية وقد توجد كمية محدودة من الأنسجة البينية فى المبيض . ومع ذلك تتشابك اغلب الخلايا المبيضية كخلايا حويصلية تقـوم بتغذية البيض المتكون . وبالاضافة الى هذه الوظيفة فان خلايا الحويصـــلة هى المنتج الأكبر للاستروجين ، ولو أن كميات ضئيلة من الأنسجة البينية الموجودة قد تكون مســـئولة عن هـــذه العملية ( قارن ، شكل ٢٨٥ ) .

وبخلاف انتاج الهرمونات الجنسية الأولية نجد انه قد تكون فى المبيض نوع ثان من هرمون استرويد . فعندما تنطلق البيضة من المبيض قد ينتظر الشخص أن تتلاشى الحويصلة التى منها نشأت . ويبدو ان هذا هو الذى يحدث فى كثير من المجموعات الحيوانية ، ولكن فى الثدييات ، كما يلاحظ غالبا لايحدث التلاشى مباشرة ، ولكن بدلا من ذلك تبقى خلايا الحويصلة طويلا مكونة مادة صفراء اللون هى الجسم الاصفر الذى يملأ الحويصلة الفارغة . وتفرز خلايا الجسم الأصفر فى الثدييات هرمون استرويدى هام هو البروجستيرون الذى يعد طلائية الرحم لغرس البيضة ، حتى اذا تم اخصاب البيضة وتم غرسها حفزت هذه المادة تكوين المشيمة ، ولو أن اهتماما كبيرا للجسم الاصفر ووظيفة هرموناته تتركز فى الثدييات مع تكوين المشيمة فيها فقد وجد أن جسما اصفر ( يفرز بالمثل بروجستيرون ) يتكون بعد انفجار الحويصلة وخروج البيضة فى صفيحيات الخياشيم . واكثر من ذلك انه مع أن الجسم الأصفر المثالى لا يتكون فى مجموعات الفقاريات الأخرى فان البروجستيرون قد اكتشف فى مبايض بعض انواع الفقاريات الآخرى بما فى ذلك الطيور . ولو أن نسبة مئوية صغيرة من صفيحيات الخياشيم وقليل من رباعيات القدم الدنيا تضع صغارها احياء الا اننا لا نعرف بوجه عام للبروجستيرون وظيفة كبيرة خاصةفىالفقاريات الدنيا . ويوحى هذا بأن لنا فى البروجستيرون مثال لعملية التطور الهرمونى المقترح فى بداية هذا الفصل ، وانه انتاج كيموى يعطيه نسيج ، وكانت له اصلا وظيفة ايجابية بسيطة ، ثم اصبح يؤدى دورا هاما فى اقتصاديات الجسم ، واخيرا اصبح فى الثدييات على الأقل هرمونا هاما .

وطبيعة وظائف مشيمة الثدييات جزء من قصة التكوين الجنينى للفقاريات اكثر من ان تكون لتركيبها التشريحى . ونحن نقول مع ذلك هنا انه فى اثناء مدة الحمل تصبح مشيمة الثدييات نفسها عضوا ينتج الهرمونات، فيفرز عددا من الستيرويدات ولا يحتوى فقط على الأستيروجين والبروجستيرون ، ولكنه يحتوى أيضا على هرمونات منسلية تروفية خاصة بنفسها وظيفتها هى الابقاء على الحمل .

## الهرمونات الأخرى

الهرمونات التى شرحت حتى الآن تنتجها كلها غدد صماء خاصة وتكون عموما جهازا متشابكا يعمل باحكام كل عضو فيه مع العضو الآخر وضده. وعكس هذا توجد مجموعة من الهرمونات المعدية المعوية تنتج من طلائية المعى

العادية ومستقلة عن الهرمونات الاخرى فى انتاجها وتأثيرها . ويظن ان مخاطية منطقة البواب فى معدة الثدييات تنتج هرمونا يسمى جاسترين يؤثر فى إفراز حمض الكلورودريك فى منطقة القاع ، وقد ثبت يقينا ان السكرتين الذى ينتجه الجزء القريب من الامعاء الدقيقة عندما يدخل الطعام هذه المنطقة من الامعاء ينشط افراز العصارة البنكرياسية ، ويوجد دليل على هرمون معوى آخر يحفز الافرازات البنكرياسية ، وكذلك انتاج هرمونى معوى كوليسيستوكينين يؤثر فى افراغ حويصلة المرارة عندما تدخل الدهون الامعاء ، ويساعد فى تنظيم المناشط على طول مقاطع متعاقبة من الانبوبة الهضمية .

وفى مناطق اخرى من النشاط الجسمى توجد ادلة على تأثيرات تتم بمواد كيمائية تحمل خلال الدم . وفى اغلب مثل هذه الحالات مع ذلك يوجد دليل صغير على ان انتاج مثل هذه الكيماويات يتم فى تراكيب صماء خاصة ومن الصعب معرفة اين نضع خطا تحت المكان المنتج .

ويوجد عدد من التراكيب الجسمية التى لانسجتها مظهر غدى ، ولذلك فبالرغم من عدم وجود دليل مقنع فانه يظن ان لها خصائص الغدد الصماء . وغالبا ماتذكر مع هذه الحالات التراكيب الصنوبرية وجارة الصنوبرية التى تميل للبقاء حتى بعد ان فقدت وظيفتها البصرية ( كما هى الحال فى العضو الصنوبرى فى الثدييات ) . وللآن وللمرة الثانية درست التغيرات التى تطرا على الجسم بعد ازالة العضو الصنوبرى او اصابته بالمرض فى الثدييات وكذلك التاثيرات التى تطرا على الصنوبرية بعد بعض العمليات مثل ازالة الخصيتين . ولكن النتائج كانت ابعد من أن تكون واضحة . والنظرية الحديثة الخاصة بوظيفة الجسم الصنوبرى لا تضيف الا القليل ، علاوة على افتراضات ديكارت منذ قرون مضت ، وهى أن الجسم الصنوبرى هو مقر الحياة . ولقد اوضحنا من قبل ان وظائف الغدة التيموسية ليست معروفة تماما ايضا ولو انه قد فرض عليها نشاط هرمونى الا انه لم يختبر عمليا ، وثانيا الأجسام الخيشومية النهائية التى تتبرعم من الجيب الخيشومى الاخير ، فقد كان يظن انه من المحتمل ان تكون لها بعض الطبائع الهرمونية ، ولقد اوضحنا بعض الافتراضات القائلة بأن الغدة الخيشومية النهائية فى الأسماك قد تعمل على غرار جارة الدرقية . ومع ذلك توجد تراكيب صغيرة خيشومية نهائية فى رباعيات القدم والتى لها جارات درقية حقيقية ، ولكن وظائفها هنا لاتزال غير معروفة .

# ملحق ( أ )

## خلاصة لتقسيم الحبليات

التقسيم المذكور هنا مقدم اولا ليستطيع الطالب وضع النماذج المشروحة هنا فى مكانها الصحيح . ولهذا لم تبذل محاولات لتدوين اجناس الفقاريات وفى حالات كثيرة الفصائل وتحت الرتب قد أهملت عندما يكون مثل هذا التقسيم للمجموعات يفتقر الى اهمية الأغراض الحاضرة . ولكى تكتمل الصورة ذكرنا الحفريات الاكثر اهمية ، ولو أن معلوماتنا التشريحية عنها تقتصر على جهازها الهيكلى .

وبالاضافة الى الأسماء الكبيرة فى التقسيم الذى يلى ، ١ ) الشعيبات الثلاث الأولى تسمى غالبا الحبليات الأولية (Protochordata) اوالحبليات الدنيا لتمييزها عن الفقاريات (٢) ومن بين الفقاريات فان ألاسم الفكيات (Cnathostomata) ) أو الفقاريات ذات الفكوك قد يستعمل لتمييز كل مجموعات الفقاريات الأرقى عن طائفة اللافكيات ( (Agnatha) ٣٠ ) رباعيات القدم ( (Tetrapoda) ) تستعمل دائما للبرمائيات وكل الحيوانات الأعلى ذات الأربع الأقدام لتمييزها من الأسماك بمعناها العام (٤) الرهليات (Amniota) تدل على صفات فى التكوين الجنينى توجد فى الزواحف والطيور والثدييات وقد يستعمل لهذه الطوائف الثلاث ، ومن ثم تجمع الأسماك كلها والبرمائيات كحيوانات لارهلية (Anamniota)

### شعبة الحبليات Phylum Chordata

### شعيبة النصف حبليات Subphylum Hemichordata

الحبل الظهرى قد يتكون قليلا او لايتكون ، وكذلك الحبل العصبى الظهرى — وتعتبر غالبا انها تضم شعبة منفصلة تختلف عن الحبليات ولو انها على صلة وثيقة بها ) .

### طائفة جناحية الخياشيم class Pterobranchia

( حيوانات بسيطة جالسة تشبه النبات تجمع الغذاء بواسطة لوامس مهدبة ) .

**( شكل ١٨ ، ب ص ٢٠ )**

## طائفة ذوات المعى التنفسى class Enteropneusta

حيوانات حفارة تشبه الديدان لها جهاز خيشومى تام التكوين. ديدان البلوط ( Acorn worm ) شكل ٨ و ٩ )

## شعيبة الذيل حبليات Subphylum Urochordata

( الغلاليات لها حبل ظهرى وحبل عصبى كاملا التكوين فى اليرقة فى كثير من الحالات ، ولكن الحيوانات اليافعة كائنات ثابتة او عائمة تحتوى اساسا على جهاز خيشومى تام التكوين )

## شعيبة الراس حبليات Subphylum Cephalochordata

( السهيم له حبل ظهرى وحبل عصبى وجهاز خيشومى ، وكل هذه التراكيب تامة التكوين فى الحيوان اليافع )

( شكل ٤ )

## شعيبة الفقاريات Subphylum Vertebrata

( لها عادة عمود متكون مع تراكيب أخرى متقدمة فى الجهاز الهيكلى والمخ والكليتين وغيرها التى تميز الفقاريات الحقيقية ) .

## طائفة اللافكيات Class Agnatha

## ( الفقاريات عديمة الفكوك ) (Jawless Vertebrates)

رتبة استيوستراسى (Osteostraci) والاناسبيدا (Anaspida) والهتيروستراسى (Heterostraci). وتشمل هذه على مصفحات الجلد (Ostracoderms) للعصرين السيللورى والديفونى . ونماذج هذه الرتب الثلاث موضحة فى شكل ١٨ ( والأشكال الشبيهة بالسفلاسبس (Cephalspis) من الاستيوستراسى مبينة ايضا فى الأشكال ١٩ ، ٢٣٢

رتبة دائريات الفم ) Cyclostomata) دائريات الفم المعاصرة ( أشكال ١٦ ، ١٧ ص ٥٢ ، ٥٤ ) .

**تحت رتبة** ـ مخاطيات Myxinoidea : الجريثات ( Hagfishes )

**تحت رتبة** ـ الجلكيات Petromyzontia : الجلاكى (Lampreys)

**طائفة مدرعة الجلد** Class Placodermi

( فقاريات أولية ذات فكوك . حفريات تنحصر فى حقب الحياة القديمة (Paleozoic

**رتبة** : اكانثودى ( Acanthodii) . القروش ذات الأشواك (شكل ٢٠ أ)

**رتبة : ارثروديرا** (Arthrodira) . الأرثروديرات . أسماك مفصلية العنق ( شكل ٢٠ ب ) .

**رتبة** : انتيآركى (Antiarchi) قريبة الأرثروديرا ولكنها بدروع عظمية خاصة ( شكل ٢٠ جـ ) .

**رتبة** : ماكروبيتا ليكثيدا (Marcopetalichthyida)

**رتبة** : استجيو سيلاكياى ( Stegoselachii)

وهاتان الرتبتان الأخيرتان هما أقرباء متحورة للأرثوديرا والتى يظن انهما مرحلة انتقالية مع اختصار فى الدرع العظمية والاتجاه الى الأسماك الشبيهة بالقروش .

**طائفة الأسماك الغضروفية** class chondrichthyes

**طويئفة** صفيحيات الخياشيم Subclass Elasmobranchii

**القروش وما يشابهها**

**رتبة** كلادوسلاكى order cladoselachii قروش بدائية فى حقب الحياة القديمة ( شكل ٢٢ أ )

رتبة السلاحيات order Selachii القروش الثالية من حقب الحياة القديمة الى الحياة الحديثة بمساكات وزعانف بقواعد ضيقة وغير ذلك ( شكل ٢٣ ص ٦٢ ) .

رتبة القوبعيات order Batoidea القويع (Skates) والرعاد (Ray) ( شكل ٢٣ ص ٦٢ ).

طويئفة كاملة الرأس Subclass Holocephali تختلف عن القروش فى أن لها غطاء للخياشيم . الفكوك العليا ملتحمة مع الجمجمة وغير ذلك .

رتبة براديودونتى order: Bradyodonti اسماك من حقب الحياة القديمة غير معروفة تماما تشخص بصفائح الأسنان .

رتبة الكيميرى order: Chimaerae الكيميرا ( شكل ٢٢ جـ ) .

طائفة الأسماك العظمية class Osteichthyes

( الأسماك العظمية الأعلى ) ( انظر شكل ٢٥ )

طويئفة شعاعية الزعانف Actinopterygii (اسماك زعانفها مشععة ) فوق رتبة اسماك عظم غضروفية Super order chondrostei اسماك مشععة الزعانف بدائية بذيل غير متناظر وهكذا . وتتمثل بالباليونيسكويد الحفرية (Palaeoniscoids) شكل ٢٩ أ ص ٧٠ ) واساسا فى حقب الحياة القديمة كما توجد ثلاثة انواع حديثة : البوليبترس ( شكل ٢٩ ب ) والاسترجون ( Sturgeons ) ( شكل ٣٠ ب ص ٧١ ) وسمكة المجداف Paddlefish ( شكل ٣٠ أ ) .

فوق رتبة اسماك متعظمة Super order Holostei

الاسماك مشععة الزعانف السائدة فى عصر الحياة الوسطى بذيول غير متجانسة (heterocercol) مقتضبة وغير ذلك . والانواع العائشة تشمل الاصيا وسمك ابو منقار ( gar pike ) ( شكل ٣١ ص ٧٣ ) .

فوق رتبة اسماك كاملة التعظم superorder Teleostei

الاسماك السائدة فى عصر الحياة الحديثة والوقت الحاضر مع ذيل متجانس وتشمل الآلاف من الانواع مرتبة فى عدد من الرتب ( شكل ٣٣ ، ٣٤ ص ٧٦ ، ٧٧ ) .

**طويئفة** ساركوبتريجى ( الأسماك القمعية ) **Subclan** Sarcopterygû
**بزعانف** لحمية (Choanichthyes)

**رتبة :** فضية الزعانف order Crassopterygii

اشكال هى أسلاف الفقاريات الأرضية واساسا حفريات حقب الحياة القديمة ونوع واحد شاذ عائش ( شكل ٢٧ ص ٦٨ ) .

رتبة الأسماك الرئوية order Dipnoi

الأسماك الرئوية تضم ثلاثة انواع معاصرة . أوجه كثيرة للشبه مع الأسلاف ولكنها شاذة فى الأسنان والجماجم وغير ذلك ( شكل ٢٨ ص ٤٨ ).

**طائفة البرمائيات** class amphibia

**( رباعيات قدم من غير تكوين رهل فى البيض )**

طويئفة ابسيدوسبونديلى Subclass Apsidospondyli

( برمائيات كان فيها العمود الفقارى يتكون بدائيا من جسم جانبى وجسم بينى ( قارن اشكال ١٠٤ ، ١٠٥ ) .

**فوق رتبة** لابيرينثودونتيا Super order Labyrinthodontia

اصل البرمائيات ، منقرضة ، ولكن كانت سائدة فى حقبة الحياة القديمة المتاخرة والعصر الترياسى يشغل عددا من الدست من الأجناس الحفرية مرتبة فى رتب عديدة .

**فوق رتبة** سالينتيا ، رتبة اللاذيليات
Super order Salientia, order Anura

( وضع الطويئفة غير واضح ) . يشمل الضفادع والعلاجم ، وهى حيوانات معاصرة ذات أطراف متخصصة جدا ، واجسام قصيرة وغير ذلك . جسم الفقرة الجانبى والجسم البينى ضامران أو غائبان .

**طويئفة** ليبوسبولد Subclass Lepospondyli

( اجسام الفقرات تتكون كتراكيب منفصلة وغالبا كشكل البكرة ) .

**رتب ايستوبوداو** نيكتيريديا وميكروسوريا
orders; aistopoda, Nectridia, Microsauria.

وهذه حفريات من حقب العصر القديم . والرتبة الأخيرة تحتوى على اشكال صغيرة انحدرت منها الرتبتان المعاصرتان :

**رتبة الذيليات** order Urodela

**السلامندر والنبوت** ، بجسم عادى الشكل ولكن هناك كثيراً من الصفات المتكسة .

**رتبة اللاقدميات** order Apoda (or Crymnophiona)

دودية الشكل حفارة .

**طائفة الزواحف** Class Reptilia

**( رهليات ولكن من غير الصفات المتقدمة فى الطيور والثدييات )**

( قارن شكل ٣٧ )

طويئفة عديمة الحفرة Subclass Anapsida

( من غير فتحة صدغية )

رتبة كوتيلوساوريا order Cotylosauria

اصل الزواحف وكانت تعيش فى حقب الحياة القديمة والترياسى .

رتبة السلحفيات order Chelonia (Testudinata)

**( السلاحف )**

طويئفة سينابتوسوريا Subclass Synaptosauria

( مجموعات منقرضة بحفرة واحدة صدغية تقع اعلى جانب الخد ) .

رتبة برتوروساوريا order Protorosauria

تحتوى على زواحف غامضة من العصر البرمى والحياة الوسطى .

**رتب ايستوبوداو** نيكتيريديا وميكروسوريا

رتبة ساوروبتريجيا order Sauropterygia

البليزيوسور Plesiosaurs) واقاربه . زواحف بحرية فى الحيـاة الوسطى كانت تقوم بواسطة أطراف محولة الى مجاديف قوية .

طويئفة الزواحف السمكية Subclass Ichthyopterygia

رتبة أوسوخيا order Eosuchia

اسلاف ذوات الحفرتين من العصر البرمى والترياسى .

رتبة رنكوسيفاليا order Rhynchocephalia

الأسفينودن المعاصر فى نيوزيلاندا واقربائه الحفرية .

رتبة الحرشفيات order Squamata

العظاءات « السحالى » والثعابين . تتبع الأخير ولكن الاقواس الصدغية مختصرة .

طويئفة اركوسوريا subclass archosauria

( الزواحف المسيطرة ذات حفرتين صدغيتين مع تخصصات نحو المشى على القدمين ( قارن شكل ٣٨ ص ٩٠ ) .

رتبة ثيكودونتيا order Thecodontia

اسلاف الديناصورات والطيور وغيرها .

رتبة التمساحيات order Crocodilia

التماسيح الافريقية والتماسيح الأمريكية ، وهى برمائيات منقرضة باقية من مجموعة الأركوسور .

رتبة الزواحف الطائرة order Pterosauria

زواحف طائرة بائدة مع جناح غشائى .

رتبة ساوريشيا order Saurischia

زواحف تشبه الديناصور بحوض ذو أربع شعب ، آكلة نباتات تمشى على قدمين ( تشمل منقار البط ) مدرعة ومقرنة ذات اقدام أربع .

**طويئفة سفلية الحفرة** subclass synapsida

حفرة صدغية جانبية ، وهى الأشكال التى تؤدى الى الثدييات – منقرضة ) .

رتبة شبيهة الثدييات order Pelycosauria

زواحف برية تشبه الثدييات قريبة من أصل الزواحف .

رتبة ثيرابسيدا order Therapsida

أشكال متقدمة تشبه الثدييات من العصر البرمى المتأخر والترياسى . ( شكل ٤٢ ص ٩٨ )

**طائفة الطيور** class Aves

( حيوانات متحورة من اركوسور مجنحة ومريشة ودرجة حرارة ثابتة وغير ذلك )

طويئفة الطيور القديمة subclass archaeornithes

( طيور بدائية حفرية من العصر الجيوراسى بعديد من صفات الزاحف ) ( شكل ٣٩ ص ٩٤ )

طويئفة الطيور الحديثة subclass Neornithes

( كل الطيور الحديثة الأخرى ) .

فوق رتبة الطيور المسننة super order Odontognathae

طيور مسننة من العصر الطباشيرى

فوق رتبة الطيور قديمة الفك super order Palaeognathae

تشمل أساسا الطيور الشبيهة بالنعام أو الطيور التى لاتطير (Ratites) مع تراكيب بدائية نسبيا ( شكل ٤٠ ) .

فوق رتبة طيور حديثة الفك super order Neognathae

كل الطيور الباقية مرتبة فى عدد من الرتب ولكن كلها متشابهة فى اغلبه الصفات التشريحية ( شكل ٤١ ص ٩٦ ) .

**طائفة الثدييات** class Mammalia

( حيوانات لها شعر ترضع صغارها والمخ ذو تركيب متقدم وغير ذلك ) .

طويئفة ثدييات أولية subclass Prototheria

ثدييات بيوضة

رتبة وحيدة المسلك order Monotremata

منقار البط وآكل النمل المشوك فى منطقة استراليا .

طويئفة الثدييات ( ثدييات تضع أحياء ) subclass Theria

تحت طائفة ورتبة بانتوثيرنا الفنذريثات
Infraclass & order Pantotheria

ثدييات حفرية صغيرة من العصر الجيوراسى ، ومن المحتمل أن تكون أسلافا لكل المجموعات الباقية ( يوجد عدد من الرتب فى العصر الجيوراسى لاتزال علاقتها غير واضحة ) .

تحت طائفة اللوثيريا ورتبة عديدة الدرنات
Infraclass Allotheria, order Multituberculata

مجموعة منقرضة من الثدييات البدائية ولكنها شاذة وقد تشبه فى طباعها القوارض المتأخرة من العصر الجيوراسى الى العصر الايوسينى .

تحت طائفة ثدييات بعدية رتبة الكيسيات
Infraclass Metatheria, order Marsupialia

ثدييات ذات اكياس مثل المتماوت (١) (Opossum) وكثير من الأنواع الأسترالية .

تولد الصغار احياء ولكن غير تامة النضج .

تحت طائفة ثدييات حقيقية Infraclass Eutheria

الثدييات العليا مع مشيمة قادرة ( شكل ٤٤ ص ١٠٣ )

---

١ ــ حيوان يشبه السنجاب المترجم

رتبة آكلات الحشرات order Insectivora

أسلاف الثدييات المشيمية والسلالات الحديثة مثل زبابة الغــــاب (Shrew) والطوبين (Moles) والقنفذ hedgehog

رتبة الخفاشيات order Chiroptera

الخفاش .

رتبة الرئيسيات order Primates

فرع شجرى اساسى من الثدييات المشيمية ( شكل ٤٥ ص ١٠٤ ) .

رتيبة الليموريات
Suborder Lemuroidea (Prosimii)

زباب الشجر والليمور

رتيبة الكوبلديات Sub order Tarsioidea

الكوبلد واقاربه المنقرضة ـ مرحلة انتقالية بين الليمور والقرود .

رتيبة المتأنسات Suborder Anthropoidea

القرود والقردة العليا والانسان .

تحت رتبة فطس الأنوف Infraorder Platyrrhini

قرود أمريكا الجنوبية بفتحات أنفية جانبية .

فصيلة قردة السنجاب Family Hapalidae

السنجاب

فصيلة القردية مسترخية الذنب Family Cebidae

قرود أمريكا الجنوبية المثالية .

تحت رتبة قردة الدنيا القديمة ( شم الانوف )
Infra order Catarrhini

قردة الدنيا القديمة والقردة العليا والانسان . الفتحات الانثية تفتح الى أسفل .

فصيلة السعادين Family Cercopithecidae

قردة الدنيا القديمة

فصيلة القردة العليا Family Simiidae

القردة العليا الشبيهة بالانسان .

فصيلة الانسان Family Hominidae

الانسان

رتبة آكلات اللحوم ( اللواحم ) order Carnivora

رتيبة القرميات sub order Creodonta

لواحم منقرضة من العصر الأركى

رتيبة اللواحم الأرضية suborder Fissipedia

لواحم ارضية حديثة .

تحت رتيبة ابو كريودى Infraorder Eucreodi

اسلاف منقرضة للانواع الحديثة .

تحت رتبة اركتويدا Infraorder Arctoidea

الكلاب واقاربها .

فصيلة العرسية Family Mustelidae

بدائية . العرسة والظربان (shunk) والغريراء (1) وكلب البحر (otters)

---

(1) badgers حيوان بين الكلب والسنور ( المترجم ) .

فصيلة الكلبية Family canidae

الكلاب والذئاب والثعالب .

فصيلة الراكسون Family Procyonidae

راكون والبانداس (Pandas) والكنكاجو (Kinkajous)

فصيلة الدببة Family Ursidae

الدببة .

تحت رتبة القطية Infraorder Aeluroidea

القطط واقاربها .

فصيلة الرياح Family Viverridae

قط الزباد والنمس وما يشبهها وزباد الدنيا القديمة البدائى

فصيلة الضبعية Family Hyaenidae

الضبع

فصيلة القطية Family Felidae

القط والسبع والنمر وغيرها

رتيبة اللواحم البحرية Suborder Pennipedia

لواحم بحرية ، اطوم (Seal وسبع البحر وفيل البحر (Walrus)

رتيبة كونديل ارثرا order Condylarthra

ذوات الحافر منقرضة بدائية .

رتبة امبليبودا ، دينوسيراتا ، أمبريثوبودا ، أسترابوثيريا ، ليتوبترنا ، نوتونجيولاتا .

Orders : Amblypoda, Dinocerata, Embrithopoda, Astropotheria, Litopterna, Notoungulata.

## رتب منقرضة من ذوات الحافر .

رتبة فردية اصابع الحافر order Perissodactyla

حافريات فردية الأصابع ( شكل ٤٧ ) .

رتيبة الأفراس sub order Hippomorpha

فصيلة الفرس Family Equidae

الحصان والحمار والحمار المخطط ( الزبرا ) .

فصيلة الثدييات الماردة Family Titanotheriidae

ثدييات منقرضة ماردة كبيرة ثقيلة مقرنة

فصيلة كاليكوثيريدى

ثدييات منقرضة قريبة من الفصيلتين الأخيرتين الا ان لها أظافر بدلا من الحافر .

رتيبة التأثيرات Sub order Tapiromorpha

فصيلة التابير ــ التابير Family Tapiridae

فصيلة الكركدن . وحيد القرن Family Rhinocerotidae

رتبة حافريات زوجية اصابع الحافر order Artiodactyla

حافريات زوجية الأصابع ( شكل ٤٨ ) .

رتيبة افراس البحر والخنازير Sub order Suina

انواع بدائية نسبيا بمعد بسيطة وتشمل القبائل الآتية ، وكذلك قبائل اخرى منقرضة .

فصيلة خنازير الدنيا القديمة Family Suidae

خنازير الدنيا القديمة .

فصيلة خنازير الدنيا الجديدة Family Dicotylidae

**خنازير الدنيا الجديدة ( أمريكا )**

فصيلةافراس النهر Family Hippopotamidae

**فرس النهر**

رتيبة المجترات Sub order Ruminantia

حيوانات مجترة بمعدة معقدة واسنان مهللة ( Selenodont )

تحت رتبة تايلوبودا Infra order Tylopoda

مجترات بدائية تشمل بالاضافة الى قبائل منقرضة مبكرة مـ ـنى .

فصيلة الجمال Family Camelidae

الجمال واللاما .

فصيلة الماعز الأريودونت Family Oreodontidae

الأريودونت مجترات قصيرة الأرجل موجودة بوفرة فى متحجرات أمريكا الشمالية

تحت رتبةالمجترات الحقيقية Infra order Pecora

مجترات متقدمة غالبا بقرون او مناطيح وتشمل بجانب المتحجرات على :

فصيلة فيران الأيل Family Tragulidae

شيفروتين (Chevrotains) حيوانات صغيرة الحجم عديمة القرون تشبه غزلان المنطقة الاستوائية فى الدنيا القديمة .

فصيلة الايائل Family Cervidae

قبيلة الغزلان .

فصيلة الزراف Family Giraffidae

الزرافة والأوكابى الموجود فى افريقيا .

فصيلة الظباء متشعب القرون الامريكى Family Antilocarpidae

متشعب القرون الأمريكى .

فصيلة البقرية Family Bovidae

قبيلة الماشية وخاصة حيوانات الدنيا القديمة وتشمل البيسون والأغنام والماعز وعدد من أنواع التياتل .

رتبة الوبريات order Hyracoidea

وبريات أفريقيا وسوريا تشبه الأرنب فى طباعها ولكنها فى الحقيقة حافريات وهذه الرتبة والرتبتين التاليتين هما رتب تتبع التحت حفريات ومن المحتمل أن يكون أصلها أفريقى .

رتبة الخرطوميات order Proboscidea

الفيل واقاربه المتحجرات الماموث والماستودون

رتبة عرائس البحر order Sirenia

بقر البحر وخراف البحر والأطوم ؛ وهى فرع مائى من الحافريات

رتبة القيطسيات order Cetacea

رتيبة القياطس القديمة Suborder Archaeoceti

اسلاف الحيتان المنقرضة

رتيبة المسننات Suborder Odontoceti

الحيتان ذوات الأسنان . خنزير البحر ( سمك يونس ) والدولفين .

---

١ ــ البيسون Bison حيوان برى أمريكى يشبه الثور المترجم

رتيبة قياطس عديمة الأسنان Suborder Mysticeti

حيتان البال .

رتبة عديمة الأسنان ( الدردئيات ) order Edentata

وهكذا تسمى ثدييات من غير أسنان نشأت فى جنوب أمريكا .

رتيبة الشعريات Suborder Pilosa

**درثيات ذات الشعر**

تحت رتبة جرافيجرادا Infraorder Gravigrada

كسلان الأرض المنقرض .

تحت رتبة تارديجرادا Infraorder Tardigrada

قبيلة الكسلان ــ كسلان الشجرة .

تحت رتبة دودية اللسان Infraorder Vermilingua

قبيلة آكل النمل ــ آكل النمل جنوب أمريكا .

رتيبة لوريكاتا Sub order Loricata

ورديثات مدرعة

فصيلة المدرعات Family Dasypodidae

المدرع

فصيلة الجليبتودون Family Gilyptodontidae

الجليبتودون العملاق المتحجر .

رتبة أسطوانية الأسنان order Tubulidentata

أبو ظلات أفريقيا . آكل نمل ولكنه لا يتصل بنسب مع الرتبة السابقة

رتبة الفوليدوتيات order Pholidota

بانجولين الدنيا القديمة آكل النمل ولكنـــه لا يتصل اتصالا وثيقا بالرتبتين السابقتين .

رتبة القوارض order Rodentia

حيوانات قارضة ( استثناء مجموعة الارانب ) . عدد من تحت المجاميع اهمها ماياتى :

رتيبة السنجابيات Suborder Scuiuromorpha

السنجاب وجوفر ومرموط شمال امريكا وغيرها .

رتيبة الكابيائيات Sub order Caviamorpha

خنزير غينيا وكثير من قوارض جنوب امريكا وابو شـــوك الدنيا الجديدة .

رتيبة غضليات Sub order Myomorpha

الفئران والجرذان

رتبة الأرنبيات order Lagomorpha

الارانب والأرانب الجبلى حيوانات قارضة ، ولكنها لا تتصل اتصالا وثيقا مع الرتبتين الأخيرتين .

# الملحق ( ب )

## المصطلحات العلمية

فى مصطلحات علم التشريح تستخدم الفاظ لاتينية ( او اغريقيــة ) معتادة بصورها الأصلية للدلالة على اى جزء من اجزاء الجسم كان القدماء قد اطلقوا عليه اسما . بيد انه كان من الضرورى وضع أسماء علمية للتراكيب العديدة الأخرى ، ويحدث ذلك ، اما (١) باستخدام لفظة كلاسيكية(تقليدية) قديمة يبدو انها تصلح لوصف الجزء المقصود ، مع اكتسابها بهذا الاستخدام معنى جديدا ، واما (٢) بالجمع بين أصول لفظية لاتينية او اغريقية وضم بعضها الى بعض لتكوين مصطلحات جديدة ، وهذه هى الطريقة الشائعة . وكثيرا ما يحاول الطلاب أن يستظهروا هذه المصطلحات اعتمادا على حافظتهم وحدها دون فهم منهم لمعانيها ، ويترتب على هذا طبعا الا تهضمها عقولهم . ولذلك فاننا نقدم هنا قائمة بالأصول اللفظية التى يشتق منها كثــيرا من المصطلحات الوصفية والأسماء المركبة ، راجين أن تكون معينا للطالب على تفهم المصطلحات التى تقابله . وكما سوف يتضح من هذه القائمــة ، فان بعض الأسماء التى كونها علماء التشريح هى أقرب الى الخيال او بعيــدة الصلة بما أطلقت عليه ، كما أن بعضا آخر منها ليس مناسبا لمــا اطلق عليه تمام المناسبة . واننا لا نقصد طبعا أن تكون هذه القائمة قاموســا شاملا للألفاظ العلمية ، فاننا لم ندرج فيها مثلا الأسماء المألوفة للعظام والعضلات. ومعظم المصطلحات التى استخدمت فى هذا الكتاب قد عرف او نوقش فى المتن نفسه . أما اذا اراد القارىء مجموعة من المصطلحات أكثر اتساعا ، فاننا ننصح له بأن يرجع الى احد المعاجم البيولوجية او الطبية المعتمدة ، ولكن الطبعات المطولة من « قاموس » وبستر وما يماثله تفى بالغرض من معظم النواحى .

والمختصرات التى استخدمناها فى ألقائمة :

| | | | |
|---|---|---|---|
| L. = Latin | لاتينى | F. = French | فرنسى |
| G. = Greek | اغريقى | N.L. = "New" Latin | لاتينى جديد |
| Sp. = Spanish | اسبانى | | |

— A —

| | |
|---|---|
| A—, ab. L. | سابقة تدل على الانفصال |
| Abdomen. L. | بطن — جوف |
| Abducens. L. | مبعد ( عصب ) |
| Abductor. L. | عضلة — مبعدة — باسطة |
| Accessory L. | اضافى |
| Acelous G. | اللامجوف — عديم التجويف |
| Acetabulum L. | حق |
| Acoustic. G. | سمعى |
| Acrania. G. | لاقرنيرميات — لاجمجميات |
| Acrodont. G. | قمى التسنين |
| Acromion. Gr | نتوء اخرمى |
| Ad. L. | سابقة تدل على : الى — فى اتجاه بالقرب |
| Adductor. L. | مقرب |
| Adrenal L. | كظر |
| Alisphenoid L. | جناحى وتدى |
| Allantois. G. | السجق — الالنتويس |
| Alveolus. L. | مغارز السن — سنخ السن |
| Ambiguus. L. | مبهم — متغير |
| Amnion. G. | السلى — الرهل |
| Amphi-., G. | سابقة معناها : على كلا الجانبين — ومن ثم — حول — زوج |
| Amphibia. G. | برمائيات |
| Amphicelous. G. | مقعر الوجهين |
| Amphioxus. G. | السهيم |
| Amphiplatyan. G. | مستوى السطحين |
| Amphistylic. G. | ثنائى القلم — ثنائى التعليق |
| Ampulla. L. | امبولة او قارورة |
| A—, an —. G | سابقة تدل على : من غير اولا |
| Ana — G. | سابقة تدل : على أو أعلى — غالبا — تثبت المعنى |
| Analogy. G. | تقابل وظيفى |
| Anamniota. G. | لارهليات |
| Anapsid. G. | عديمة النقر — لا نقرية |
| Anastomosis. G. | شابك — فواصل |

| | |
|---|---|
| Ankylosis. G. | تصلب المفصل |
| Annulus. L. | حلقة |
| Anura. G. | لاذيلية |
| Anus. L. | است — شرج |
| Apo. G. | مقطع يدل على : من |
| Apoda. G. | عديمة الأقوام — اللا اقدميات |
| Aponeurosis. G. | الصفاق — الوتر العريض |
| Apophysis. G. | النتوء |
| Appendicular. L. | طرفى |
| Arachnoid. G. | عنكبوتى — شعى ( نسبة الى الشع وهو بيت العنكبوت ) |
| Arch—, archi—, G. | مقطع يدل على : اولى — رئيسى — بدائى — أصلى |
| Archenteron. G. | معى اولى — معى قديم |
| Archipallium. G. | قشرة المخ القديمة |
| Archipterygium. G. | جناح قديم |
| Arcualia (pl.). L. | قوسى الشكل |
| Arrector. L. | ناصبة |
| Arytenoid. G. | طرجالى |
| Astragulus ? G. | قنزعى — عظم الكعب |
| Artium. L. | بهو — دهليز |
| Auditory. L. | سمعى |
| Auricle. L. | اذين |
| Auto—. G. | مقطع معناه :نفس او ذات |
| Autonomic G. | ذاتى |
| Autostylic. G. | ذاتى التعلق |
| Axial. L. | محورى |
| Azygos. G. | فردى أو مفرد |
| Basal. L. | قاعدى |
| Basi—. L. | مقطع يدل على : القاعدة |
| Basibranchial. L. | قاعدية خيشومية |
| Basihyoid. L. | قاعدة العظم اللامى |
| Bi. L. | مقطع يدل على : اثنين او زوج |
| Biceps. L. | ذات الراسين |
| Bilateral. L. | ذو جانبين |
| Blastocele. G. | البلاستوسيل : التجويف الجرثومى |

| | |
|---|---|
| Blastoderm. G. | بلاستودرم ــ ادمة الجرثومة |
| Blastodisc. G. | قرص جرثومي |
| Blastomere G. | فلجة |
| Blastopore. G. | ثقب جرثومي |
| Blastula. L. | كرة جرثومية ــ بلاستيولا |
| Brachial. L. | عضدى |
| Brachium (Plia) L. | عضد |
| Branchial. L. | خيشومي |
| Branchiostegal. G. | غطاء الخياشيم |
| Bronchus. G. | شعبة القصبة الهوائية |
| Buccal. L. | فمي ــ شدقي |
| Bulbus. L. | انتفاخ شريان ــ بصلة شريانية |
| Bunodont. G. | اسنان مدرنة |
| Calacaneum. L. | عقب |
| Callosum. L. | تصلب الجلد |
| Calyx (pl. calices) L. | كأس |
| Caninus. L. | كلبى |
| Capillary. L. | شعيرى |
| Capitulum. L. | راس صغير |
| Caput (pl. capita) L. | راس |
| Carapace. NL. | قصعة او درع |
| Cardiac. G. | قلبى ــ فؤادى |
| Cardinal. L. | رئيسى |
| Carnassial. F. | لحمى |
| Carnivorus. L. | آكل اللحوم |
| Carnosus. L. | لحمى |
| Carpus. G. | رسغ اليد |
| Cartilago (pl. â gines). L. | غضروف |
| Caudal L. | ذيل |
| Cava. L. | اجوف |
| Cavernosus. L. | كهفى |
| Cecum. L. | اعور |
| Celiac. G. | بطنى |
| Celom (e) | سيلوم ــ تجويف |
| Cephalic. G. | راسى |

| | |
|---|---|
| Cephalo— G. | رأس |
| Ceratobranchial G. | قرنى خيشومى |
| Ceratotrichia. G. | خيوط قرنية |
| Cerebellum. L. | مخيخ |
| Cerebrum. L, | مخ |
| Cervical. L. | عنق ــ رقبة |
| Chiasma. G. | تصالب |
| Choana (pl. —ae) G. | قمع |
| Choledochus. G. | حامل الصفراء ــ قناة الصفراء |
| Chondrichthyes. G. | أسماك غضروفية |
| Chondro—., G. | غضروف |
| Chondroblast., G. | مولدات الغضروف |
| Ch ondroclast. G. | تفتيت الغضروف |
| Chorda. G. | حبل |
| Choroid., G. | مشيمية |
| Chorion. G. | كوريون ــ الغشاء الخارجى للجنين |
| Chromaffin. G. | محبة للون |
| Chromatophore. G. | خلية ملونة ــ خلية حاملة للون |
| Chromosome. G. | كروموزم ــ صبغ |
| Chyme. G. | كيموس |
| Ciliary. L. | هـــدبى |
| Circum— L., | حول |
| Cloaca. L. | مجمع ــ مزرق |
| Cnemial | قصبى |
| Cochlea, L. | قوقعة الأذن |
| Colon. L. | قولون |
| Columella. L. | عويمود |
| Commissure. L. | وصلة ــ مفرق |
| Concha. L. | صدفة |
| Condyle. G. | لقمة |
| Conjunctiva. L. | الملتحمة |
| Constrictor. L. | عاصرة |
| Coprodeum. G. | معى برازى |
| Corium. L. | الأدمة الجلد |

| | |
|---|---|
| Cornea. L. | قرنية |
| Coronary. L. | اكليلى ـ تاجى |
| Cortex. L. | قشرة |
| Cortical. L. | قشرى |
| Cosmin. G. | كوزمين |
| Costa. L. | ضلع |
| Costal. L. | ضلعى |
| Cranial. G. | جمجمى ـ مخى |
| Cribriform. L. | غربالى |
| Cricoid. G. | حلقى |
| Crista. L. | عرف |
| Crus. (pl. crura). L. | ساق |
| Ctenoid. G. | مشطى |
| Cuneiform. L. | وتدى |
| Cycloid. G. | دائرى |
| Cystic. G. | حويصلى ـ كيسى |
| Cytoplasm | سيتوبلازم |
| De —, L. | مقطع يدل على : تحت او بعيدا عن ـ |
| Deciduous. L. | مشتق من ساقط |
| Decussatio. L. | تصالب ـ تقاطع |
| Decussation. L. | تصالب |
| Deferens. L. | ناقل |
| Dens. L. | سن |
| Depressor. L. | خافض |
| Dermal. G. | ادمى |
| Dermatome. G. | قطعة جلدية |
| Di — | مقطع يدل على : مرتين اثنتين ـ زوج |
| Di —, Dia | مقطع يدل على : من خلال ـ بين ـ بعيدا عن |
| Diaphragm. G. | حجاب حاجز |
| Diaphysis. G. | ساق العظم |
| Diapophysis. G. | النتوء المستعرض العلوى للفقرة |
| Diapsid. G. | ثنائى النقر ـ ثنائى الحفر |
| Diarthrosis. | مفصل متحرك |
| Diastema (pl. —ata). | فرجة بين الأسنان |

| | |
|---|---|
| Digit. L. | اصــــبع |
| Diphycercal. G. | زعنفة ذيلية ذات فصين متماثلين |
| Diplospondylous. G. | مزدوج الفقره |
| Dipnoi. G. | اسماك رئوية |
| Distal. L. | بعيـــد |
| Dorsal, L. | ظهــــرى |
| Duct. L. | قناة |
| Duodenum. L. | الاثنى عشر |
| E —, ex — | مقطع يدل على : من خارجا عن — خارج |
| Ectepicondyle. G. | خارج |
| Ectoderm. G. | أكتودرم |
| Effector. L. | محدثة أو مؤثرة |
| Efferent. L. | صادر |
| Ejaculatory. L. | وافق |
| Ek—, ekto —. G. | مقطع يدل على : من ــ خارجا عن ــ خارجا |
| Embolomerous. G. | أمبولومرس |
| En—, endo G. | مقطع يدل على : فى ــ فى الداخل |
| Endocradium | الغشاء المبطن للقلب ــ نسيج قلبى داخلى |
| Endochondral. G. | داخل الغضروف |
| Endocrine. G. | الغدة الصماء |
| Endoderm. G. | أندودرم ــ الطبقة الداخلية |
| Endolymph. G. | ليمف داخلى |
| Endometrium. G. | بطانة الرحم الداخلية |
| Endoneurium. G. | غلاف الليفة العصبية |
| Endo skeleton. G. | هيكل داخلى |
| Endostyle. G. | أندوستيل ــ قلم داخلى |
| Endothelium. G. | بطانة داخلية |
| Entepicondyle. G. | فى أعلى اللقمة |
| Enzyme. G. | انزيم |
| Ependyma. G. | السيدية |
| Epiaxial. G. | فوق محورى |
| Epibranchial. G. | فوق خيشومى |
| Epicardium. G. | غشاء القلب الخارجى . النخاب . |

| | |
|---|---|
| Epicondyle. G. | فوق لقمة |
| Epidermis. G. | بشرة |
| Epididymis. G. | بربخ |
| Epiglottis. G. | لسان المزمار ــ الفلكة |
| Epimere. G. | قطعة عليا |
| Epineurium | غلاف العصب |
| Epiphysis. G. | كردوس ــ مشاشة |
| Epiploic. G. | ثرب |
| Epithalamus. G. | فوق المهاد البصرى ــ فوق السرير |
| Epithelium. G. | طلائى |
| Erythrocyte. G. | كريات الدم الحمراء |
| Esophagus. G. | مرىء |
| Ethmoid. G. | مصفوى ــ غربالى |
| Excretion. L. | اخراج ــ افراغ |
| Exocrine. G. | خارجى الافراز |
| Extensor. L. | باسط |
| Extrinsic. L. | خارجى |
| Facialis. L. | وجهى |
| Falciform. L. | منجلى |
| Falx. L. | منجل |
| Fascia (pl. —iae) L. | صفيحة ــ لفافة |
| Fiber. L. | خيط ــ ليفة |
| Fibril. Nl. | ليفة صغيرة ــ لييفة |
| Filoplume. L. | ريش وبرى ــ شعرى |
| Filum. L. | خيط |
| Fimbria. L. | سجاف |
| Firmisternal. L. | ثابت القص |
| Fissure. L. | شق |
| Flagellum (pl.—a). L. | سوط |
| Flexor. L. | مقرب ــ مثنية ــ ( عضلة قابضة ) |
| Flocculus. NL. | نص ندفى ( فى المخ ) |
| Follicle. L. | جراب |
| Fornix. L. | قبوة |
| Fovea. L. | حفيرة |

| | |
|---|---|
| Frontal. L. | جبهى |
| Fundus. L. | قاع ـ قعر ( القعرة ) |
| Funiculus. L. | السر ـ خيط ـ حبل منوى ـ حبل سرى |
| Gametes. G. | امشاج ( الأجسام التناسلية ) |
| Ganglion. G. | عقدة |
| Gastralia (pl.) G. | ضلوع البطن |
| Gastrula. NL. X | جاسترولا ـ تكور جرثومى |
| Geniculate. L. | معقوف ـ مرفقى |
| Genital. L. | تناسلى |
| Germinal. L. | جرثومى |
| Germinative. L. | طبقة مولدة |
| Glans. L. | حشفة القضيب ـ البظر ـ غدة ـ عقدة منتفخة |
| Glenoid. G. | أروحى عنابى |
| Glomerulus. L. | كبة ـ جمع الكلية |
| Glomus. (pl. glomera). L. | كبة |
| Glossopharyngeus. G., | بلعومى لسانى |
| Glottis. G. | مزمار ـ لهاه |
| Gluteus. G. | الية |
| Gnathos. G. | فك |
| Gnathostomata. (pl.) G. | فكيات |
| Gonad | منسل |
| Granulocytes | كريات محببة ـ خلايا محببة |
| Granulosus. L. | محبب |
| Granulum. L. | حبيبات |
| Guanin (e). | جوانين |
| Guanophore. Sp. | حامل الجوانين |
| Gubernaculum. L. | دفة خصوية |
| Gular. L. | حلق |
| Gyrus (pl. gyri). G. | لفة ـ دوران ( من تلافيف المخ ) |
| Habenula. L. | رباط ـ شريط ـ وصلة ـ هين |
| Haemal, hemal. G. | دموى |
| Hamatum. L. | خطافى الشكل |

| | |
|---|---|
| Hemi— G. | نصف |
| Hemibranch. G. | نصف خيشوم |
| Hemichordata, G. | نصف حبليات |
| Hemipenis. G. | نصف قضيب |
| Hemisphere. G. | نصف كرة |
| Hemocytoblast. G. | الخلايا المكونة للدم |
| Hemoglobin. G. | هيموجلوبين |
| Hemopoietic. G. | مكونات الدم |
| Hepatic. L. | كبدى |
| Hetero— G. | مختلف |
| Heterocelous. G. | مختلفة الوجهين ( فقرة ) |
| Heterocercal. G. | غير متناظر ( ذيل سمك ) |
| Heterodont. G. | مختلف الأسنان |
| Heterotopic. G. | موضوع فى غير محله |
| Hippocampus. G. | حصان البحر |
| Histology. G. | علم الانسجة |
| Holo—. G. | كل |
| Holoblastic. G. | انقسام كامل |
| Holobranch. G. | خيشوم كامل |
| Holocephali. G. | هولو سيفالى ــ كاملة الرأس |
| Holonephros. G. | كلية كاملة |
| Holostei. G. | هولستاى ( أسماك كاملة التعظم ) |
| Homo— G. | سابقة معناها : تشابه ــ تساو |
| Homocercal. G. | متساوى الفصين ( ذيل سمك ) |
| Homoiothermous. G. | ثابت الحرارة |
| Homolecithal. G. | تتساوى المح ( بيض ) |
| Homology. G. | تشابه التركيب ــ تماثل |
| Hormone. G. | هرمـــون |
| Humor. L. | خلط ــ احد اخلاط أو سوائل الجسم |
| | خلاف الدم |
| Hyaline. G. | شفاف |
| Hyoid. G. | لامى |
| Hyomandibular. G. | فكى لامى |
| Hyostylic. G. | لامية التعلق |

| | |
|---|---|
| Hypaxial. G. | تحت محوری |
| Hypo—G. | سابقة معناها : تحت |
| Hypobranchial. G. | تحت خيشومى |
| Hypoglossal. G. | تحت لسانى |
| Hypomere. G. | الجزء السفلى |
| Hypophysis. G. | السرير ( المهاد ) التحتانى |
| Hypothalamus. G. | الجسم النخامى |
| Hypsodont. G. | مرتفع الأسنان |
| Hypural. G. | تحت الذيل — أسفل الذيل |
| Ileum. G. | اللفائفى |
| In—. L. | سابقة معناها : النفى — فى — مع — الى — على |
| Incisor. L. | قاطع |
| Incus. L. | سندان |
| Inductor. L. | مؤثر |
| Infra—. L. | سابقة معناها : تحت — أسفل — أوطا من |
| Inframeningeal. L. | تحت أغشية الدماغ |
| Infraparietal. L. | تحت الجدارى |
| Infraspinous. L. | تحت الشوكة |
| Infundibulum. L. | قمع |
| Inguinal. L. | أدبى |
| Integument. L. | جلد |
| Inter—. L. | سابقة معناها : بين |
| Intercalated. L. | محشور |
| Intercostal. L. | بين ضلعى |
| Intermaxillary. L. | بين فكى |
| Interrenal. L. | بين كلوى |
| Interstitial. L. | بينى ( بين خلوى ) |
| Intervertebral. L. | بين فقارى |
| Intestine. L. | معى |
| Intrinsic. L. | خاص بعضو — باطنى — ذاتى |
| Invagination. L. | انغماد — ايلاج |
| Invertebrate. L. | لافقاريات |

| | |
|---|---|
| Iridocyte. G. | خلية قزحية |
| Iris. G. | قزحية ــ حدقة |
| Ischiofemoral. G. | وركى فخذى |
| Ischium. (pl.—ia) G. | ورك |
| Iso—. G. | سابقة معناها : متساو |
| Isolecithal. G. | متساوى المح |
| Isomer. G. | المساوى ــ المشابة |
| Jejunum. L. | صائم |
| Jugal. L. | وجنى |
| Jugular. L. | ودجى |
| L abial. L. | شفوى ( نسبة الى الشفة ) |
| Lacerate. L. | ممزق |
| Lacrimal. L. | دمعى |
| Lagena. L. | قنينة ( فى تركيب الأذن ) |
| Lamina (pl.—ae). L. | صفيحة |
| Larva (pl.—ae) L. | يرقة |
| Larynx. G. | حنجرة |
| Lateral. L. | جانبى |
| Lepidotrichia. G. | اشعة عظمية |
| Leukocyte. G. | خلية بيضاء |
| Levator. L. | رافعة |
| Ligamentum. L. | رباط |
| Lipid. G. | شبيه الدهن |
| Lipo—. G. | سابقة معناها : دهن |
| Lipophore. G. | حامل الدهن |
| Lobus. G. | فص |
| Lophodont. G. | اسنان معرفة ( لها عرف ) |
| Lucidum. L. | متألق ــ لامع ــ صاف ــ رائق |
| Lumbar. L. | قطنى |
| Luteum. L. | اصفر |
| Lymphocyte. L. | خلية ليمفية |
| Macrophage. G. | خلية بلعمية كبيرة |
| Macula. L. | بقعة ــ لطخة |
| Malleus. L. | المطرقة ( فى الاذن ) |
| Mammillary. L. | ثديى |

| | |
|---|---|
| Marginal. L. | حافى ـ هامشى |
| Marsupium. L. | الكيس ـ الجراب |
| Mastoid. G. | حلمى ـ الخشاء ( عظمة خلف الأذن الظاهرة ) |
| Matrix. L. | موجد ـ مادة خلالية |
| Meatus. | صماخ |
| Medial. L. | وسطى |
| Mediastinum. L. | الحجاب المنصف ـ المخرم |
| Medulla. L. | نخاع |
| Melanin. G. | الميلانين ـ القتامين |
| Membrane. L. | غشاء |
| Meninx. | السحائة ـ اغشية الدماغ |
| Mes—, Meso —. | سابقة معناها : وسط |
| Mesencephalon. G. | المخ الأوسط |
| Mesenchyme. G. | ميزنكيم |
| Mesentery. G. | مساريقا |
| Mesocardium. G. | مساريقا القلب |
| Mesoderm. G., | ميزودرم ـ الطبقة الوسطى |
| Mesolecithal. G. | وسطية المح ( بيض ) |
| Mesonephros. G. | كلية وسطى |
| Mesopterygium. G. | زعنفى متوسط |
| Mesorchium. G. | مساريقا الخصية |
| Mesovarium. G. | مساريقا المبيض |
| Meta —, | سابقة معناها : بعد ـ تدل على تغيير الوضع أو الوقت |
| Metabolic. G. | الأيض |
| Metacarpus. G. | مشط اليد |
| Metamere. G. | عقلة |
| Metamorphosis. G. | تطور أو تحور |
| Metanephros. G. | كلية خلفية |
| Metapleura. G. | جانبى |
| Metapodial. G. | مشط القدم أو مشط اليد |
| Metatarsus. G. | مشط القدم |
| Metencephalon. G. | المخ الخلفى |
| Molar. G. | ضرس |

| | |
|---|---|
| Monocyte. G. | كرية أو خلية كبيرة |
| Mucus. L. | مخاط |
| Multangulum. L. | عديد الزوايا |
| Myelencephalon. G. | المخ اللاحق النخاعي |
| Myelin. G. | نخاع |
| Myo—. | سابقة معناها : عضلي |
| Myocardium. G. | عضلة القلب |
| Myocomma. G. | فاصل عضلي |
| Myodome. G. | قبو العضل |
| Myomere. G. | قطعة عضلية |
| Myotome. G. | قطعة عضلية |
| Naris. | منخر |
| Neopallium. G. | البرنس الجديد |
| Nephridia. G. | نفريديا |
| Nephrotome. G. | قطعة كلوية أو نفرية |
| Neural. G. | عصبي |
| Neurenteric. G. | عصبي معوي |
| Neurilemma. G. | غلاف الليفة العصبية |
| Neuro. G. | سابقة معناها : عصبي |
| Neuroglia. G. | غراء عصبي |
| Neurohumor. G. | سائل عصبي |
| Neuromast. G. | تليلات عصبية ( عضو حس جانبي ) |
| Neuron. G. | خلية عصبية |
| Neuropil. G. | حس عصبي |
| Nictitating. L. | رامش |
| Nidamental. L. | أساسيات العش |
| Node. L. | عقدة |
| Notochord. G. | حبل ظهري |
| Nuchal. L. | عنقي |
| Obliquus. L. | منحـــرف |
| Oculomoter. L. | محرك العين |
| Odontoblast. G. | مكون السن |
| Olecranon. G. | مرفق |
| Olfactory. L. | شمي |
| Omasum. L. | أم التلافيف ـ المعدة الثالثة |

| | |
|---|---|
| Omentum. L. | ثرب |
| Omphalo—. G. | سابقة معناها : سرى |
| Ontogeny. G. | تاريخ نشوء الفرد |
| Operculum. L. | غطاء |
| Ophthalmic. G. | عينى ـ مقلى |
| Opistho—. G. | سابقة معناها : خلف |
| Opisthocelous. G. | خلفى التقعر |
| Opisthonephros. G. | كلية خلفية |
| Optic. G. | بصرى |
| Osseous. L. | عظمى |
| Ossicle. L. | عظيمة |
| Osteoblast. G. | خلية بانية العظم |
| Osteocyte. G. | خلية عظميـــة |
| Otic. G. | أذنى |
| Otolith. G. | حصاة سمعية |
| Ovum (pl. ova) L. | بيضة |
| Oxyphil. G. | محب للحمض |
| Paleantology | علم الحفريات |
| Paleopallium. G. | برنس اولى ـ برنس قديم |
| Pallium. L. | برنس |
| Palama. L. | راحـــة اليد ـ الكف |
| Palpebra. L. | جفن |
| Pancreas. G. | بنكرياس ـ معثكلة |
| Papilla. L. | حلمة |
| Para—. G. | سا[illegible] [illegible]ناها : بجوار أو بجانب أو بالقر[illegible] |
| Parabronchii. G. | جار القصبة الهوائية |
| Paracentrum. G. | جار المركز ـ جار الوسط |
| Parachordal. G. | غضروف جار حبلى |
| Paraganglion. G. | جار العقدة العصبية |
| Paraphysis. G. | نتوء جانبى |
| Parapsid. G. | علوى الحفرة |
| Parathyroid. G. | جار الدرقية ـ جنبية الدرقية |
| Parencephalon. G. | جار المخ ـ جنب المخ |
| Parietal. L. | جدارى |

| | |
|---|---|
| Parotid. G. | نكفى |
| Pecten. L. | مشط |
| Pectoral. L. | صدرى |
| Pedunculus. L. | سريقة |
| Pelvic. L. | حوضى |
| Peri—. | سابقة معناها : حول |
| Pericardial. G. | تامورى |
| Perichondrium. G. | غشاء الغضروف |
| Perichordal. G. | حول حبلى |
| Perilymph. G. | ليمف خارجى |
| Perimysium. G. | لفافة الحزمة العضلية |
| Periosteum. G. | سمحاق العظم |
| Peristalsis. G. | حركة دودية |
| Peritoneum. G. | بريتون |
| Phallic. G. | الاخصابى |
| Pharynx. G. | بلعوم |
| Photophore. G. | حامل الضوء |
| Phylogeny. G. | النشوء ـ الأصل |
| Pineal. L. | صنوبرى |
| Pinna (pl. —ae) L. | صيوان الأذن |
| Pisiform. L. | نسلى الشكل |
| Pituitary. L. | نخامى |
| Placenta. | مشيمة |
| Placode. G. | قرص ـ بلاكود |
| Planta. L. | اخمص القدم. |
| Plastron. F. | درع |
| Platybasic. G. | مفلطح القاعدة |
| Plectrum. G. | مطرقة |
| Pleuro—, | سابقة معناها : الجنب |
| Pleurocentrum. G. | جنب النقارة |
| Pleurodont. G. | اسنان جانبية |
| Plexus. L. | ضفيرة |
| Pneumatic. G. | هوائى |
| Poikilothermous. G. | متغير الحرارة ( حيوانات ذات الدم البارد ) |

| | |
|---|---|
| Pons. L. | قنطرة |
| Portal. L. | بابى |
| Porus. G. | مسامى ــ ذو المسام |
| Prae —, Pre— L. | سابقة معناها : قبل او امام |
| Premolar. L. | أضراس امامية ــ ضواحك |
| Prepuce. L. | غلفة ــ الحشفة |
| Primordial. L. | أصلى ــ ابتدائى ــ أولى |
| Pro—. | سابقة معناها : قبل أو أمام او مقدم |
| Procelous. G. | أمامى التقعر |
| Proctodeum. G. | معى خلفى |
| Profundus. L. | عميق |
| Pronator. L. | كابة أو باطحة ( عضلة ) |
| Pronephros. G. | كلية امامية |
| Propricceptor. L. | مستقبلات الحس الخاصة |
| Prosencephalon. G. | مخ أمامى |
| Prostate. L. | البروستاتا |
| Protonephros. G. | الكلى الأولى |
| Protoplasm. G. | بروتوبلازم |
| Proximal. L. | قريب |
| Pseudobranch. G. | خيشوم كاذب |
| Pterygoid. G. | جناحى |
| Pterylae. G. | مريشات |
| Pubis (pl. —es). L. | العانة |
| Pulmonary. L. | رئوى |
| Pygal. G. | دبر ــ مقعد |
| Pygostyle. G. | عجز الطائر |
| Pylorus. G. | بواب |
| Pyriform. L. | كمثرى الشكل |
| Quadriceps. L. | ذات الرؤوس الأربعة ( عضلة ) |
| Quadrigeminus. L. | توامية رباعية |
| Radial. L. | كعبرى ــ شعاعى |
| Receptor. L. | مستقبل |
| Rectus. L. | مستقيم |
| Remiges. (pl.) L. | قوادم |
| Renal. L. | كلوى |
| Rete. L. | شبكة |

| | |
|---|---|
| Reticulum. L. | شبكية ( شبكة صغيرة ) |
| Retina. L. | شبكية |
| Retractor. L. | عضلة مرجعة |
| Retrices. L. | ريش الذيل |
| Rhachitomous. G. | قطعة شوكية |
| Rhinal. G. | انفى |
| Rhombencephalon. G. | مخ خلفى |
| Rostrum. L. | بوز |
| Rotator. L. | مدور |
| Ruminare.L. | يجتر |
| Sacculus. L. | كييس |
| Sacrum. L. | عجز |
| Sagittal. L. | سهمى |
| Salpinx. G. | قناة ــ انبوبة ــ القناة الفلوبية |
| Sarcolemma. G. | غلاف الألياف العضلية |
| Scala. L. | سلم |
| Sclera. G. | صلبة |
| Sclerotic. G. | صلبة العين |
| Sclerotome. G. | قطعة هيكلية |
| Scrotum. L. | صفن |
| Sebaceous. L. | دهنى |
| Selenodent. G. | اسنان هلالية |
| Seminiferous. L | انيبوبات منوية |
| Septum. L. | حاجز أو فاصل |
| Sinus. (pl.— us). L. | جيب |
| Somatic. G. | جسمى ــ جسدى |
| Somatopleure G. | مغلف جدارى |
| Spernatozoon G. | حيوان منوى |
| Sphenoid. G. | وتدى |
| Sphincter. G. | عاصر ( عضلة ) |
| Spinal. L. | شوكة |
| Spiracle. L. | متنفس ــ شبه خيشوم |
| Splanchnic. G. | حشوى |
| Splanchnopleure. G. | مغلف حشوى |
| Stapes. L. | ركاب |

| | |
|---|---|
| Stereospondylous. G. | استيروسبونديلس |
| Stomodeum. G. | مسلك أو مدخل فمى |
| Stratus. L. | طبقة |
| Striatum. L. | مخطط |
| Styloid. G. | أبرى |
| Sub — | سابقة معناها : تحت |
| Subcostal. L. | تحت ضلعى |
| Sublingual. L. | تحت لسانى |
| Subunguis. L. | تحت ظفر |
| Subvertebral L. | تحت فقــارى |
| Sulcus. L. | شق |
| Supinator, L. | باطحة ( عضلة ) |
| Supracostal. L. | فوق ضلعى |
| Supraspinatus. L. | فوق شوكى |
| Sym—, syn —. | سابقة معناها : مع |
| Sympathetic. G. | تعاطفى ــ سيمبتاوى |
| Symphysis. G. | ارتفاق |
| Synapse. G. | اشتباك ــ سينابس |
| Synarthrosis. G. | الثابت ( مفصل ) |
| Synsacrum. G. | عجز مركب |
| Syrinx. G. | محقن |
| Tabular. L. | مسطح ــ منبسط |
| Talonid. L. | مهمازى الشكل |
| Tapetum. L. | طبقة مبطنة للشبكية |
| Tarsus. G. | رسغ القدم |
| Tectum. L. | قنطرة |
| Tegmentum. L. | غطــاء |
| Tela. L. | غشاء ــ نسيج غشائى |
| Telencephalon. G. | مقدم المخ |
| Telolecital. G. | كثير المح ( بعيد المح ) |
| Temporal. L. | صدغى |
| Tendon. L. | وتر |
| Tentorium. L. | خيمة ( الهيكل الداخلى للراس ) |
| Terminalis. L. | طرفى ــ نهائى |

| | |
|---|---|
| Testis. L. | خيطية |
| Tetrapod. G. | رباعى الأرجل ــ رباعى القدم |
| Thalamus. G. | مهاد |
| Thecodont. G. | اسنان مثغرة ــ مغمدة |
| Thorax. G. | صدر |
| Thrombocytes. G. | خلايا التخثر |
| Thymus. G. | التيموسية |
| Thyroid. G. | درقية |
| Trabecula. L. | عارضة |
| Trachea. G. | قصبة هوائية |
| Triceps. L. | ثلاثية الرؤوس ( عضلة ) |
| Trigeminus. L. | توأمى ثلاثى |
| Triquetrum. L. | مثلث الأركان |
| Trochanter. G. | مدور |
| Trochlea. G. | بكرة |
| Trophoblast. G. | طبقة مغذية |
| Tropibasic. G. | ملتف القاعدة |
| Tuberculum. L. | درنة |
| Tunica | غلاف |
| Turbinal. L. | مفاتيل |
| Tympanic. L. | طبلى |
| Umbilical. L. | سرى |
| Unciform. L. | الشعى ــ الكلابى الشكل |
| Uncinate. L. | شعى |
| Urea. G. | بول |
| Urodela. G. | ذيليات |
| Urodeum. G. | معى بولى |
| Urogenital. G. | بولى تناسلى |
| Uropygial. G. | الأربوجى ( نسبة الى الأربوج ) |
| Urostyle. G. | مصعص |
| Uterus. L. | رحم |
| Utriculus. L. | قربة ــ قريبة |
| Vagus. L. | حائر |
| Valvula. L. | صمامى |

| | |
|---|---|
| Vas. L. | وعاء |
| Vascular. L. | وعائى |
| Ventral. L. | بطنى |
| Ventricle. L. | بطين |
| Vermiform. L. | دودى الشكل |
| Vesicle L. | حويصلة |
| Vestibulum. L. | دهليز |
| Vibrissa (pl. — ae). L. | شارب |
| Villus (pl. villi). L. | خميلة |
| Visceral. L. | حشوى |
| Vitelline. L. | محى |
| Vitreus. L. | زجاجى |
| Viviparous. L. | ولود |
| Vomer. L. | ميكعى (عظم) |
| Xiphiplastron. G. | قصى سيفى (الذيل الخنجرى) |
| Zygapophysis. G. | نتوء نيرى |
| Zygomatic. G. | وجنى |

## نهايات الكلمات اللاتينية

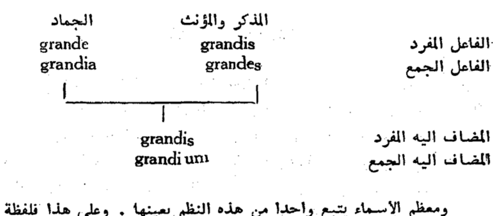
بالرغم من ان المصطلحات العلمية كثيرا ماتستخدم بصورتهاالانجليزية الا انه من المستحسن أن يلم الطالب ببعض القواعد المتبعة فى استخدامتلك الألفاظ بصورتهااللاتينية . واللاتينية لغة معربة الى حدكبير،وفيهامجموعة متنوعة من النهايات للاسماء والصفات ، وهـذا التنوع لايعبر عن الافراد والجمع فحسب ، وانما عن الجنس ( وان كان ذا طبيعـة مصـطنعة ) . وكذلك عن عدة احوال للاعراب أيضا ، بل ان هناكماهو اكثر من هذا ، وهو وجود عدد من الطرق المختلفة لصياغة تلك النهايات ( الاعرابات ) . ولكن من حسن الحظ ان صور استخدام المصطلحات العلمية ــ جميعها تقريبا ــ لاتتضمن الا حالتين فقط ــ الفاعل والمضاف اليه . وعلى هـذا فاقل من عشرين نهاية من النهايات التى يمكن الحاقها بأصول الألفاظ تـكون فيهـا الكفاية لشمول معظم الحالات .

والصفات ( التى ينبغى أن تتفق مع الموصوف من حيث الجنس والافراد او الجمع وحالة الاعراب ) « تعرب » وفقا لاحدى طريقتين ، وقد مثلنا لكل منها بصفة شائعة ( والنهـاية الملحقة بالأصـل اللفظى مطبوعـة بالبنط الثقيل ) .

الاعرابان الأول والثانى ( مجتمعان )

| | المذكر | الجماد | المؤنث |
|---|---|---|---|
| الفاعل المفرد | magnus | magnum | magna |
| الفاعل الجمع | magni | magna | magnae |
| المضاف اليه المفرد | magni | | magnae |
| المضاف اليه الجمع | magnorum | | magnarum |

## الاعراب الثالث



| | المذكر والمؤنث | الجماد |
|---|---|---|
| الفاعل المفرد | grandis | grande |
| الفاعل الجمع | grandes | grandia |
| المضاف اليه المفرد | grandis | |
| المضاف اليه الجمع | grandium | |

ومعظم الأسماء يتبع واحداً من هذه النظم بعينها . وعلى هذا فلفظة Fibula ( الشظية ) اسم من الاعراب الأول ، وصور اعرابه هى :

Fibularum　　Fibulae　　Fibulae　　Fibula

وكذلك Humerus ( العضد ) اسم مذكر من الاعراب الثانى وصور اعرابه هى :

Humerorum　　Humeri　　Humeri　　Humerus

اما Sternum　　Sterna　　Sterni　　Sternorum

فهو اسم جماد من الاعراب الثانى ، بينما

Cutium　　Cutis　　Cutes　　Cutis

( أى الجلد ) فهو اسم مؤنث من الاعراب الثالث .

بيد ان الموقف يكون أعقد مما ذكرنا فى حالتين : (١) فى الاعراب الثالث يكون لمعظم الأسماء صورة مختصرة للفاعل المفرد ، بينما يطول اصلها اللفظى مع نهايات الأحوال الأخرى . فمن هذا القبيل Femur ( أى الفخذ وهى جماد من الاعراب الثالث ) التى تصبح Femora ، وهكذا فى الأحوال الأخرى ، وكذلك من الأمثلة النموذجية الأخرى .

Meninges　　Meninx

Capita　　Caput　　Foramina　　Foramen

( ٢ ) قليل من الأسماء التى تستخدم فى التشريح تتبع اعرابا آخر مخالفا للثلاثة السابقة ، وهو الاعراب الرابع . وفى الألفاظ المذكرة التى من هذا القبيل ( مثل Plexus ، Meatus ) تكون صورة كتابة الجمع هى صورة المفرد ، ومن ثم كانت الصورة الانجليزية افضل للاستخدام العام .

وثمة اسم جماد شائع من هذا الاعراب وهو ( أى القرن ) يعرب :

Cornu    Cornua    Cornus    Cornuum

الملحق رقم ( جـ )

# المراجع

على الصفحات التالية ، بعض من أكثر الأعمال فائدة من الناحية العامة ، أو أعمال فى مجال البحوث المتخصصة او التى تتحدث عن أنواع الحيوانات ، مع مقالات منقحة ، وعدد محدود من البحوث الأصلية والبحوث المتخصصة ، وبنظرة أكثر عمقا فيما كتب عن الموضوعات الخاصة ، فان هذين المؤلفين هما أكثر افادة فى هذا المجال .

Zoologcal Record,1864-date. London

كل مجلد سنوى يضم قائمة بجميع المقالات التى نشرت أثناء السنة ، خاصة بكل رتبة من رتب الفقاريات ، ثم يتبعه بقوائم مصنفة عن تلك المقالات التى تتناول مختلف الموضوعات فى التشريح وعلم الأجنة وهكذا .

Biological Abstracts,1926-date.philadelphia

سجل شامل يرمى الى تجريد وتبويب كل البحوث التى نشرت فى أى فرع من فروع البيولوجيا .

وعلى الصفحات التالية ، وضعت أكثر المؤلفات فائدة من الناحية العامة فى البداية ، تليها الأعمال ذات الطبيعة الأكثر تخصصا أو التى تقتصر فى معالجتها على الصفحة التشريحية .

## GENERAL


Bolk, L., Göppert, E., Kallius, E., and Lubosch, W.: Handbuch der vegleichenden Anatomie der Wirbeltiere. 6 vols. Berlin and Vienna, Urban and Schwartzenberg, 1931–1939. A comprehensive work on vertebrate anatomy by many specialists; includes extensive bibliographies.

Bronn, H. G., *et al.*: Klassen und Ordnungen des Thier-Reichs. Leipzig and Heidelberg, Winter 1874-date. A voluminous work by various authors, published in parts, some old, some new, some as yet incomplete, which gives great attention to the anatomy of the various vertebrate groups as well as to classification and distribution.

Kükenthal, W., and Krumbach, T., editors: Handbuch der Zoologie. Berlin and Leipzig, W. de Gruyter & Company, 1923–date. A work similar to the last in scope; incomplete, as yet.

Grassé, P. P.: Traité de Zoologie, Anatomie, Systematique, Biologie. Vols. 1–17. Paris, Masson et Cie, 1948–1958. Not yet complete. Vol. IX treats of lower chordates; vols. X–XVII of vertebrates.

Goodrich, E. S.: Studies on the Structure and Development of Vertebrates. London, The Macmillan Company, 1930. A stimulating discussion of many anatomic problems by a first rate authority. Reprinted by Dover Publications, New York, 1958.

Owen, R.: On the Anatomy of Vertebrates. 3 vols. London, Longmans ... –1868. A classic, full of original observations.

Cuvier, G.: Leçons d'Anatomie Comparée. 5 vols. Paris, 1805. The first great comparative anatomy.

Young, J. Z.: The Life of Vertebrates. 2nd ed. London and New York, Oxford University Press, 1962. An excellent, group by group account, not only of structure but of life habits and functions of the vertebrates.

Marinelli, W., and Strenger, A.: Vergleichende Anatomie und Morphologie der Wirbeltiere. Wien, Franz Deuticke, 1954, 1959. Parts so far issued treat of cyclostomes and Squalus.

Ihle, J. E. W., *et al.*: Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. Berlin, J. Springer, 1927. A substantial volume on comparative anatomy by Dutch authors, translated into German.

Böker, H.: Einführung in die vergleichende biologische Anatomie der Wirbeltiere. 2 vols. Jena, Gustav Fischer, 1935, 1937.

Romer, A. S.: The Vertebrate Story. Chicago, University of Chicago Press, 1959. An elementary account of vertebrate evolution.

Colbert, E. H.: Evolution of the Vertebrates. New York, Wiley, 1955.

Romer, A. S.: Vertebrate Paleontology. 2nd ed. Chicago, University of Chicago Press, 1945.

Piveteau, J.: Traité de Paléontologie. 8 vols. Paris, Masson et Cie, 1952–1958. A comprehensive work, five volumes of which treat of vertebrates. The volume on fishes not yet published.

Thompson, D. W.: On Growth and Form. 2nd ed. Cambridge, England, Cambridge University Press, 1942.

Nomina Anatomica. Revised by the International Anatomical Nomenclature Committee. Baltimore, Williams & Wilkins Company, 1956.

Prosser, C. L., and Brown, F. A., Jr.: Comparative Animal Physiology. 2nd ed. Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1961. Contains much data on physiology of vertebrates as a whole. (The data of standard texts on human physiology such as the work next cited apply well to mammals but in a much lesser degree to other vertebrate groups.)

Ruch, T. C., and Fulton, J. F.: Medical Physiology and Biophysics. (18th edition of Howell's Textbook of Physiology) Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1960.

Buddenbrock, W. von: Vergleichende Physiologie. 4 vols. Basel, Birkhäusen, 1950–1956.

## CELLS AND TISSUES

Scott, G. G., and Kendall, J. I.: The Microscopic Anatomy of Vertebrates. 3rd ed. Philadelphia, Lea and Febiger, 1947.

Cole, C. A.: Comparative Histology. New York, Blakiston Company, 1955.

Krause, R.: Mikroskopische Anatomie der Wirbeltiere. Berlin, W. de Gruyter & Company, 1923.

Maximow, A., and Bloom, W.: A Textbook of Histology. 5th ed. Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1948. This and the two following are representative histologies based on human material.

LeGros Clark, W. E.: The Tissues of the Body. 2nd ed. London and New York, Oxford University Press, 1945.

Windle, W. F.: Textbook of Histology. 3rd ed. New York, McGraw-Hill, 1960.

De Robertis, E. D. P., Nowinski, W. W., and Saez, F. A.: General Cytology. 3rd ed. Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1960.

Baldwin, E.: An Introduction to Comparative Biochemistry. 3rd ed. Cambridge, England, Cambridge University Press, 1952.

## EMBRYOLOGY

DeBeer, G. R.: Embryos and Ancestors. London and New York, Oxford University Press, 1951.

Brachet, A., Dalcq, A., and Gérard, P.: Traité d'Embryologie des Vertébrés. 2nd ed. Paris, Masson et Cie, 1935.

Nelsen, O. E.: Comparative Embryology of Vertebrates. New York, Blakiston Company, 1953.

Hertwig, O., and others: Handbuch der vergleichenden und experimentellen Entwickelungslehre der Wirbeltiere. 3 vols. Jena, Fischer, 1901–1906. A comprehensive, well illustrated work; out of date in certain aspects.

Kerr, J. G.: Text-Book of Embryology, Vol. II. Vertebrata with the Exception of Mammals. London, Macmillan Company, 1919.

Witschi, E.: Development of Vertebrates. Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1956.

Willier, B. H., Weiss, P. A., and Hamburger, V., editors: Analysis of Development. Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1955.
Waddington, C. H.: Principles of Embryology. London, George Allen & Unwin, 1956.
Arey, L. B.: Developmental Anatomy. 6th ed. Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1954. Primarily mammalian and human.
Hamilton, W. J., Boyd, J. D., and Mossman, H. W.: Human Embryology. 2nd ed. Cambridge, England, Helfer, 1952.
Starck, D.: Embryologie. Stuttgart, Thieme, 1955.
Patten, B. M.: Foundations of Embryology. New York, McGraw-Hill, 1958.
Patten, B. M.: Early Embryology of the Pig, 3rd ed. New York, McGraw-Hill, 1948.
Lillie, F. R.: Development of the Chick; revised and edited by H. L. Hamilton. New York, Holt, 1952.
Patten, B. M.: Early Embryology of the Duck. 4th ed. New York, McGraw-Hill, 1951.
Waddington, C. H.: The Epigenetics of Birds. London, Cambridge University Press, 1952.
Romanoff, A. L.: The Avian Embryo. New York, The Macmillan Company, 1960.
Hörstadius, S.: The Neural Crest. London, Oxford University Press, 1950.

## SKIN

Schaffer, J.: Die Hautdrüsenorgane der Säugetiere. Berlin and Wien, Urban und Schwarzenberg, 1940.
Fox, L. D.: Animal Biochromes and Structural Colours. London, Cambridge University Press, 1953.
DuShane, G.: The embryology of vertebrate pigment cells. Part I. Amphibia. Quart. Rev. Biol. *18:*109–127, 1943; Part II. Birds. *19:*98–117, 1944.
Parker, G. H.: Animal Color Changes and their Neurohumors. London, Cambridge University Press, 1948.
Lillie, F. R.: On the development of feathers. Biol. Rev. *17:*247–266, 1942.
Paris, P.: Recherches sur la gland uropygienne des oiseaux. Arch. Zoologie Expérimental et Générale *53:*132–276, 1914.
Harvey, E. N.: Bioluminescence. New York, Academic Press, 1952.

## SKELETON

Reynolds, S. H.: The Vertebrate Skeleton. 2nd ed. Cambridge, 1913.
Gregory, W. K.: Evolution Emerging. 2 vols. New York, The Macmillan Company, 1951. Extremely valuable illustrations.
Kummer, B.: Bauprinzipien des Skelets. Stuttgart, Thieme, 1959.
Murray, P. D. F.: Bones. A study of the Development and Structure of the Vertebrate Skeleton. London, Cambridge University Press, 1936.
Haines, R. W.: The evolution of epiphyses and of endochondral bone. Biol. Rev. *17:*267–292, 1942.
Gray, J.: How Animals Move. London, Cambridge University Press, 1953.
Goodrich, E. S.: On the scales of fish, living and extinct, and their importance in classification. Proc. Zool. Soc. London, 751–774, 1908.
Kerr, T.: The scales of primitive living actinopterygians. Proc. Zool. Soc. London *122:*55–78, 1952.
Schmalhausen, J. J.: Zur Morphologie der unpaaren Flossen. Ztschr. wissenschaftliche Zoologie *100:* 509–587; *104:*1–80, 1912–1913.
Goodrich, E. S.: On the dermal fin-rays of fishes—living and extinct. Quart. J. Microscopical Sc. *47:* 465–522, 1904.
Williams, E. E.: Gadow's arcualia and the development of tetrapod vertebrae. Quart. Rev. Biol., *34:*1–32, 1959.
Piiper, J.: On the evolution of the vertebral column in birds. Philos. Trans. Roy. Soc. London *(B) 216:* 285–351, 1928.
Westoll, T. S.: The Lateral Fin-fold Theory and the Pectoral Fins of Ostracoderms and Early Fishes. In Westoll, T. S., ed.: Studies on Fossil Vertebrates. London, University of London, 180–211, 1958.
Gregory, W. K., and Raven, H. C.: Studies on the origin and early evolution of paired fins and limbs. Ann. New York Acad. Sc. *42:*273–360, 1944.
Parker, W. K.: A Monograph on the Structure and Development of the Shoulder Girdle and Sternum. London, Ray Society, 1868.
Watson, D. M. S.: The evolution of the tetrapod shoulder girdle and fore-limb. J. Anat. *52:*1–63, 1917.

Schaeffer, B.: The morphological and functional evolution of the tarsus in amphibians and reptiles. Bull. Am. Museum Natural Hist. *78*:395-472, 1941.
Gregory, W. K., Miner, R. W., and Noble, G. K.: The carpus of Eryops and the primitive cheiropterygium. Bull. Am. Museum Natural Hist. *48*:279-288, 1923.
Fisher, H. I.: Adaptations and comparative anatomy of the locomotor apparatus of New World vultures. Am. Midland Naturalist *35*:545-727, 1946.
Berger, A. J.: The comparative functional morphology of the pectoral appendage in three genera of Cuculidae. Am. Midland Naturalist *47*:513-605, 1952.
Romer, A. S.: The Osteology of Reptiles. Chicago, University of Chicago Press, 1956.
Shufeldt, R. W.: Osteology of birds. Bull. New York State Museum *130*:5-381, 1909.
Flower, W. H.: An Introduction to the Osteology of the Mammalia. 3rd ed. London, The Macmillan Company, 1885. An old but useful little book. (Reissued by Dover Press, New York, 1962.)
Jayne, H.: Mammalian Anatomy. Part I. The Skeleton of the Cat. Philadelphia, Lippincott Company, 1898.

## SKULL

DeBeer, G. R.: The Development of the Vertebrate Skull. London and New York, Oxford University Press, 1937. Publication preceded by a series of detailed papers on various forms by DeBeer and colleagues. Good bibliography.
Parker, W. K.: Structure and development of the skull. A long series of papers on the following forms: Ostrich, Fowl, Rana, Batrachia, Salmon, Pig, Urodela, Tropidonotus, Lacertilia, Acipenser, Lepidosteus, Edentata and Insectivora, Birds, Sharks and Skates, Crocodilia, Opisthocomus, in the following journals: Philos. Trans. Roy. Soc. London (*B*) *156, 159, 161, 163, 164, 167, 169, 170, 173, 176*, 1866-1885; Tr. Zool. Soc. London *9, 10, 11, 13*, 1875-1891; Tr. Linnean Soc. London, Zoology, *1, 2*, 1875-1888. Old but well illustrated and valuable.
Gregory, W. K.: Fish skulls: A study of the evolution of natural mechanisms. Tr. Am. Philosophical Soc. *23*:75-481, 1933.
Schauinsland, H.: Beiträge zur Entwickelungsgeschichte und Anatomie der Wirbeltiere: Sphenodon, Callorhynchus, Chamaeleo, Zoologica (Stuttgart) *16*:1-98, 1903.
Gaupp, E.: Das Chondrocranium von Lacerta agilis. Anatomische Hefte (Arb.) *15*:433-595, 1900.
Peyer, B.: Die Entwicklung des Schädelskelettes von Vipera aspis. Morphologisches Jahrbuch *44*:563-621, 1912.
Radovanovic, M.: Osteologie des Schlangenkopfes. Jenaische Ztschr. Naturwissenschaft *71*:179-312, 1937.
Brock, G. T.: On the development of the skull of Leptodeira hotamboia. Quart. J. Microscopical Sc. *73*:289-334, 1929.
Bellairs, A. d'A.: The anterior brain-case and interorbital septum of Sauropsida with a consideration of the origin of snakes. J. Linnean Soc. London, Zoology, *41*:482-512, 1949.
Versluys, J.: Das Streptostylie-Problem und die Bewegungen im Schädel bei Sauropsiden. Zoologische Jahrbücher (Anat.), Supplement *15*(2): 545-714, 1912.
Jollie, M. T.: The head skeleton of the lizard. Acta Zoologica, *41*:1-64, 1960.
Lakjer, T.: Studien über die Gaumenregion bei Sauriern im Vergleich mit Anamniern und primitiven Sauropsiden. Zoologische Jahrbücher *49*:57-356, 1927.
Hofer, H.: Neuere Untersuchungen zur Kopfmorphologie der Vögel. Basel. Acta 11th Congrès International d'Ornithologie 104-137, 1955.
Crompton, A. W.: The development of the chondrocranium of Spheniscus demersus with special reference to the columella auris of birds. Acta Zoologica *34*:71-146, 1953.
Lang, C.: Das Cranium der Ratiten mit besonderer Berücksichtigung von Struthio camelus. Ztschr. wissenschaftliche Zoologie *159*:165-224, 1956.
Jollie, M. T.: The head skeleton of the chicken and remarks on the anatomy of this region in other birds. J. Morphol. *100*:389-436, 1957.
Starck, D.: Zur Morphologie des Primordialcraniums von Manis javanica Desm. Morphologisches Jahrbuch *86*:1-122, 1941. One of a series of mammal skull studies by Starck and his students.
Kampen, P. N. van: Die Tympanalgegend des Säugetierschädels. Morphologisches Jahrbuch, *34*:321-722, 1905.

## MUSCLES

Fisher, H. I., and Goodman, D. C.: The Myology of the Whooping Crane, Grus americana. Illinois Biological Monographs, *24*, no. 2. 1955.

Shufeldt, R. W.: The Myology of the Raven. New York, Macmillan Company, 1890

Maurer, F.: Die Entwicklung der ventralen Rumpfmuskulatur bei Reptilien. Morphologisches Jahrbuch *26:*1–60, 1898.

Straus, W. L., and Rawles, M. E.: An experimental study of the origin of the trunk musculature and ribs in the chick. Am. J. Anat. *92:*471–510, 1953.

Gilbert, P. W.: The origin and development of the human extrinsic ocular muscles. Contrib. Embryol. *36:*59–78, 1957.

Braus, H.: Die Muskeln und Nerven der Ceratodusflosse. Semon's Zoologische Forschungsreisen in Australien *1:*137–300, 1901.

Sewertzoff, A. N.: Studien über die Entwickelung der Muskeln, Nerven und des Skeletts der Extremitäten der niederen Tetrapoda. Bull. Soc. Impériale Naturalistes Moscou (n.s.) *21:*1–430, 1907.

Romer, A. S.: The development of tetrapod limb musculature—the shoulder region of Lacerta. J Morphol. *74:*1–41, 1944.

Romer, A. S.: The development of the thigh musculature of the chick. J. Morphol. *43:*347–385, 1927

Fürbringer, M.: Zur vergleichenden Anatomie des Brustschulterapparates und der Schultermuskeln. Jenaische Ztschr. Naturwissenschaft *36:*289–736, 1902; Morphologisches Jahrbuch *1*, 1875; *7*, 1873; *8*, 1874; *34*, 1902.

Sy, M.: Funktionell-anatomische Untersuchungen am Vogelflügel. J. Ornithologie *84:*199–296, 1936.

Hudson, G. E.: Studies on the muscles of the pelvic appendage in birds. Am. Midland Naturalist *18:*1–108, 1937.

Howell, A. B.: Morphogenesis of the shoulder architecture: Aves. Auk *54:*363–375, 1937.

Edgeworth, F. H.: The Cranial Muscles of Vertebrates. London, The Macmillan Company, 1935.

Drüner, L.: Zungenbein-, Kiemenbogen- und Kehlkopf-Muskeln der Urodelen. Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere *15:*435–622; *19:*361–690, 1902–1904.

Lakjer, T.: Studien über die Trigeminus-versorgte Kaumuskulatur der Sauropsiden. Copenhagen, C. A. Reitzel, 1926.

Haas, G.: Die Kiefermuskulatur und die Schädelmechanik der Schlangen in vergleichender Darstellung Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere *53:*127–198; 1931. See also *ibid. 52:*1–218, 1930.

Starck, D., and Barnikol, A.: Beiträge zur Morphologie der Trigeminusmuskulatur der Vögel (besonders der Accipitres, Cathartidae, Striges und Anseres). Morphologisches Jahrbuch *94:*1–64, 1954.

Hofer, H.: Zur Morphologie der Kiefermuskulatur der Vögel. Zoologische Jahrbücher *70:*427–556, 1950.

Cheng, C. C.: The development of the shoulder region of the oposaum, Didelphys virginiana, with special reference to the musculature. J. Morphol. *97:*415–471, 1955.

Grandfert, H.: Electric fishes. Scientific American *203:*115–120, 1960

## CELOM

Butler, G. W.: On the subdivision of the body-cavity in lizards, crocodiles, and birds. Proc. Zool. Soc. London 452–474, 1889; snakes, 477–498, 1892.

Mall, F. P.: Development of the human coelom. J. Morphol. *12:*395–453, 1897.

Keith, A.: The nature of the mammalian diaphragm and pleural cavities. J. Anat. Physiol. *39:*243–284, 1905.

Wells, L. J.: Development of the human diaphragm and pleural sacs. Carnegie Inst. Washington, Contrib. Embryol. *35:*107–134, 1954.

## MOUTH AND PHARYNX

Sonntag, C. F.: The comparative anatomy of the tongues of the Mammalia. Proc. Zool. Soc. London, 1920, 115–129; 1921, 1–29, 277–322, 497–521, 741–755, 757–767; 1922, 639–657; 1923, 129–153, 515–529; 1924, 725–741, 743–755.

Tims, H. W., and Henry, C. B.: Tomes' Dental Anatomy. New York, The Macmillan Company, 1923.

Owen, R.: Odontography—A Treatise on the Comparative Anatomy of the Teeth. London, Hippolyte Bailliere, 1840. Despite its antiquity, a valuable comprehensive account.

Scott, J. H., and Symons, N. B. B.: Introduction to Dental Anatomy. Edinburgh and London, E. and S. Livingstone, 1952.

Appelbaum, E.: Enamel of sharks teeth. J. Dent. Res. *21*:251-257. 1942.
Edmund, A. C.: Tooth Replacement Phenomena in the Lower Vertebrates. Contribution 52, Life Sciences Division, Royal Ontario Museum, Toronto, 1960.
Gregory, W. K.; A half century of trituberculy. The Cope-Osborn theory of dental evolution, with a revised summary of molar evolution from fish to man. Proc. Am. Philosophical Soc. *73*:169-317, 1934.
Woskoboinikoff, M.: Der Apparat der Kiemenatmung bei den Fischen. Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere *55*:315-488, 1932.
Copeland, D. E.: The cytological basis of chloride transfer in the gill of Fundulus heteroclitus. J. Morphol. *82*:201-227, 1948; *87*:369-380, 1950.
Adams, W. E.: The cervical region of the Lacertilia. J. Anat. *74*:57-71, 1939.
Klapper, C. E.: The development of the pharynx of the guinea pig with special emphasis on the fate of the ultimobranchial body. Am. J. Anat. *79*:361-397, 1946.
Jones, F. R. H., and Marshall, N. B.: The structure and functions of the teleostean swimbladder. Biol. Rev. *28*:16-83, 1953.
Rauther, M.: Zur vergleichenden Anatomie der Schwimmblase der Fische. Ergeb. Zoologie *5*:1-66, 1922.
Ballantyne, F. M.: Air bladder and lungs; a contribution to the morphology of the air bladder of fish. Tr. Roy. Soc. Edinburgh *55*:371-394, 1927.
Müller, B.: The air sacs of the pigeon. Smithsonian Miscellaneous Collections *1*:365-414, 1908.
Locy, W. A., and Larsell, O.: The embryology of the birds' lung. Am. J. Anat. *19*:447-501, 1916.
Huntington, G. S.: A critique of theories of pulmonary evolution in the Mammalia. Am. J. Anat. *27*: 99-201, 1920.

## DIGESTIVE SYSTEM

Slijper, E. J.: Die physiologische Anatomie der Verdauungsorgane bei den Vertebraten. Tabulae Biologicae *21*:1-81, 1946.
Peterson, H.: Beiträge zur Kenntniss des Baues und der Entwickelung des Selachierdarmes. Jenaische Ztschr. Naturwissenschaft *43*:619-652; *44*:123-148, 1908.
Jacobshagen, E.: Untersuchungen über das Darmsystem der Fische und Dipnoer. II. Jenaische Ztschr. Naturwissenschaft *49*:373-810, 1913.
Hopkins, G. S.: On the enteron of American ganoids. J. Morphol. *11*:411-442, 1895.
Greene, C. W.: Anatomy and histology of the alimentary tract of the king salmon. Bull. U. S. Bureau Fisheries, *32*:73-100, 1912.
Blake, I. H.; Studies on the comparative histology of the digestive tube of certain teleost fishes. J. Morphol. *50*:39-70, 1930; *60*:77-102, 1936.
Mitchell, P. C.: On the intestinal tract of birds; with remarks on the valuation and nomenclature of zoological characters. Tr. Linnean Soc. London Zoology *8*:173-275, 1901.
Calhoun, M. L.: Microscopic Anatomy of the Digestive System of the Chicken. Ames, Iowa, Iowa State College Press, 1954.
Pernkopf, E.: Beiträge zur vergleichende Anatomie des vertebraten Magens. Ztschr. Anat. *91*:329-390; 1930.
Hirsch, G. C.: Magenlose Fische. Zoologischer Anzeiger, Ergänzungsband *145*:302-326, 1950.
Cornselius, C.: Morphologie, Histologie und Embryologie des Muskelmagens der Vögel. Morphologisches Jahrbuch *54*:507-559, 1925.
Kaden, L.: Über Epithel und Drüsen des Vogelschlunds. Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere. *61*:421-466, 1936.
Elias, H.: Liver morphology. Biol. Rev. *30*:263-310, 1955.
Gorham, F. W., and Ivy, A. C.: General function of the gall bladder from the evolutionary standpoint. Field Museum of Natural History, Zoology Series, *22*:159-213, 1938.
Hill, W. C. O.: A comparative study of the pancreas. Proc. Zool. Soc. London 581-631, 1926.

## URINARY AND REPRODUCTIVE SYSTEMS

Fraser, E. A.: The development of the vertebrate excretory system. Biol. Rev. *25*:159-187, 1950.
Conel, J. L.: The urogenital system of myxinoids. J. Morphol. *29*:75-164, 1917.
Borcea, J.: Recherches sur le système uro-genital des elasmobranchs. Arch. Zoologie expérimentale et générale (4) *4*:199-484, 1906.

Kempton, R. T.: Studies on the elasmobranch kidney. J. Morphol. *73:*247–263, 1943; Biol. Bull. *104:* 45–56, 1953
Kimdahl, M.: Zur Entwicklung der Exkretionsorgane von Dipnoërn und Amphibien. Acta Zoologica, *19:* 1–190, 1938.
Gray, P.: The development of the amphibian kidney. Quart. J. Microscopical Sc. *73*.507–546, 1930; *75:*425–466, 1932; *78:*445–473, 1936.
Semon, R.: Studien über den Bauplan des Urogenitalsystems der Wirbeltiere. Dargelegt an der Entwickelung dieses organsystems bei Ichthyophis glutinosus. Jenaische Ztschr. Naturwissenschaft, *26:* 89–203, 1892.
Buchanan, G., and Fraser, E. A.: The development of the urinogenital system in the Marsupialia with special reference to Trichosurus vulpecula. Part 1. J. Anat. *53:*35–95, 1918.
Smith, H. W.: The Kidney. London and New York, Oxford University Press, 1951.
Huber, G. C.: On the morphology of the renal tubules of vertebrates. Anat. Rec. *13:*305–339, 1917.
Edwards, J. G.: Studies on aglomerular and glomerular kidneys. Am. J. Anat. *42:*75–108, 1928; Anat. Rec. *44:*15–28, 1929.
Smith, H. W.: Water regulation and its evolution in fishes. Quart. Rev. Biol. *7:*1–26, 1932.
Smith, H. W.: From Fish to Philosopher. Boston, Little, Brown and Company, 1953. Vertebrate evolution with kidney evolution as the leitmotif.
Swift, C. H.: Origin and early history of primordial germ cells in the chick. Am. J. Anat. *15:*483–516, 1914.
Everett, H. B.: The present status of the germ-cell problem in vertebrates. Biol. Rev. *20:*45–55, 1945.
Witschi, E.: Migration of the germ cells of human embryos from the yolk sac to the primitive gonadal folds. Carnegie Inst. Washington, Contrib. Embryol. *32:*67–80, 1948.
Maschkowzeff, A.: Zur Phylogenie der Geschlechtsdrüsen und der Geschlechtsausfuhrgänge bei den Vertebrata auf Grund von Forschungen betreffend die Entwicklung des Mesonephros und der Geschlechtsorgane bei den Acipenseriden, Salmoniden und Amphibien. Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere *59:*1–68, 201–276, 1934–35.
Moore, C. R.: The biology of the mammalian testis and scrotum. Quart. Rev. Biol. *1:*4–50, 1926.
Boyden, E. A.: The development of the cloaca in birds. Am. J. Anat. *30:*163–201, 1922.
Leigh-Sharpe, W. H.: The comparative morphology of the secondary sexual characters of elasmobranch fishes. J. Morphol. *34:*245–265; *35:*359–380; *36:*221–243; *42:*307–308, 1920–1926.

## CIRCULATORY SYSTEM

Jordan, H. E.: The evolution of blood-forming tissues. Quart. Rev. Biol. *8:*58–76, 1933.
Chèvremont, M.: Le système histiocytaire ou réticulo-endothélial. Biol. Rev. *23:*267–295, 1948.
Krogh, A.: The Anatomy and Physiology of Capillaries. New Haven, Yale University Press, 1929.
Drinker, C. K., and Jaffey, J. M.: Lymphatics, Lymph and Lymphoid Tissue. Cambridge, Harvard University Press, 1941.
Foxon, G. E. H.: Problems of the double circulation in vertebrates. Biol. Rev. *30:*196–228, 1955.
O'Donoghue, C. H., and Abbott, E.: The blood-vascular system of the spiny dogfish, Squalus acanthias Linn., and Squalus sucklii Gill. Tr. Roy. Soc. Edinburgh, *55:*283–890, 1928.
Robertson, J. I.: The development of the heart and vascular system of Lepidosiren paradoxa. Quart. J. Microscopical Sc. *59:*53–132, 1913.
O'Donoghue, C. H.: The blood-vascular system of the tuatara, Sphenodon punctatus. Philos. Tr. Roy. Soc. London *(B) 210:*175–252, 1920.
O'Donoghue, C. H.: The circulatory system of the common grass snake (Tropidonotus natrix). Proc. Zool. Soc. London 612–647, 1912.
Hochstetter, T.: Beiträge zur Anatomie und Entwickelungsgeschichte des Blutgefässsystemes der Krokodile. Voeltzkow, A., Reise in Ostafrika, *4:*1–139, 1906.
Hill, W. C. O.: The blood-vascular system of Tarsius. Proc. Zool. Soc. London, *123:*655–692, 1953.
Heuser, C. H.: The branchial vessels and their derivatives in the pig. Carnegie Inst. Washington. Contrib. Embryol. *15:*121–139, 1923.
Davis, D. D., and Storey, H. E.: The carotid circulation in the domestic cat. Publications, Field Museum of Natural History, Zoology, *28:*5–47, 1943.
Reagan, F. P.: A century of study upon the development of the eutherian vena cava inferior. Quart. Rev. Biol. *4:*179–212, 1929.
Butler, E. G.: The relative role played by the embryonic veins in the development of the mammalian vena cava posterior. Am. J. Anat. *39:*267–353, 1927.
Barnett, C. H., Harrison, R. J., and Tomlinson, J. D. W.: Variations in the venous systems of mammals. Biol. Rev. *33:*442–487, 1958.

Padget, D. H.: The development of the cranial venous system in man, from the viewpoint of comparative anatomy. Carnegie Inst. Washington. Contrib. Embryol. *36*:79-140. 1957.

Greil, A.: Beiträge zur vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Herzens und des Truncus arteriosus der Wirbeltiere. Morphologisches Jahrbuch *31*:123-310. 1903.

Davies, F., and Francis, E. T. B.: The conducting system of the vertebrate heart. Biol. Rev. *21*:173-188. 1946.

Benninghoff, A.: Beiträge zur vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Amphibienherzens und zur Phylogenie des Reizleitungssystems. Morphologisches Jahrbuch *51*:354-412. 1921.

Kern, A.: Das Vogelherz. Morphologisches Jahrbuch *56*:264-315. 1926.

## SENSE ORGANS

Parker, G. H.: Smell, Taste, and Allied Senses in the Vertebrates. Philadelphia, Lippincott Company. 1912.

Baradi, A. F., and Bourne, G. H.: Gustatory and olfactory epithelia. Internat. Rev. Cytol. *2*:289-330, 1953.

Noble, G. K., and Schmidt, A.: The structure and function of the facial and labial pits of snakes. Proc. Am. Philosophical Soc. *77*:263-288. 1937.

Pumphrey, R. J.: The sense organs of birds. Ibis, *90*:171-199. 1948; Annual report of the Smithsonian Institution 305-330. 1948.

Allison, A. C.: The morphology of the olfactory system in vertebrates. Biol. Rev. *28*:195-241. 1953.

Burne, R. H.: The anatomy of the olfactory organ of teleostean fishes. Proc. Zool. Soc. London 610-662. 1909.

Parsons, T. S.: Studies on the comparative embryology of the reptilian nose Bulletin. Museum of Comparative Zoology, Harvard, *120*:104-277. 1959.

Fänge, R., Schmidt-Nielsen, K., and Osaki, H.: The salt gland of the herring gull. Biol. Bull. *115*:162-171. 1958.

Walls, G. L.: The vertebrate eye and its adaptive radiation. Cranbrook Institute of Science, Bulletin No. 19. 1942.

Rochon-Duvigneaud, A.: Les Yeux et la Vision des Vertébrés. Paris, Masson et Cie, 1943.

Polyak, S.: The Vertebrate Visual System. Chicago, University of Chicago Press, 1958.

Detweiler, S. R.: Vertebrate Photoreceptors. New York, The Macmillan Company. 1943.

Bellairs, A. d'A., and Boyd, J. D.: The lachrymal apparatus in lizards and snakes. Proc. Zool. Soc. London *117*:81-101, 1947; *120*:269-309, 1950.

Wright, M. E.: The lateral line system of sense organs. Quart. Rev. Biol. *26*:264-280, 1951.

Dijkgraaf, S.: Bau und Funktionen der Seitenorgane und des Ohrlabyrinths der Fische. Experientia *8*: 205-216, 1952.

Lowenstein, O.: The equilibrium function of the vertebrate labyrinth. Biol. Rev. *11*:113-145, 1936.

Werner, S. C.: Das Gehörorgan der Wirbeltiere und des Menschen. Leipzig, George Thieme, 1960.

Retzius, G.: Das Gehörorgan der Wirbelthiere. Morphologisch-histologische Studien. 2 vols. Stockholm, 1881-1884.

Chranilov, N. S.: Beiträge zur Kenntniss der Weber'schen Apparates der Ostariophysi. Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere, *49*:501-597, 1927; *51*:323-462, 1929.

Reed, H. D.: The morphology of the sound-transmitting apparatus in caudate Amphibia. J. Morphol. *33*: 325-375, 1920.

Versluys, J.: Die mittlere und äussere Ohrsphäre der Lacertilia und Rhynchocephalia. Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere, *12*:161-406, 1898. See also *Ibid. 18*: 107-188, 1902.

Gaupp, E.: Die Reichertsche Theorie (Hammer-, Amboss- und Kieferfrage). Arch. Anat. Physiol. Supplement *V*:1-417, 1913. On evolution of middle ear ossicles.

## NERVOUS SYSTEM

Kappers, C. U. A., Huber, G. C., and Crosby, E. C.: The Comparative Anatomy of the Nervous System of Vertebrates, Including Man. 2 vols. New York, The Macmillan Company, 1936. A mine of information on comparative neurology, but difficult to work for one not a neurologist.

Kappers, C. U. A.: The Evolution of the Nervous System in Invertebrates. Vertebrates and Man. Haarlem, Erven F. Bohn, 1929.

Herrick, C. J.: An Introduction to Neurology. 5th ed. Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1931.

Papez, J. W.: Comparative Neurology. New York, Thomas Y. Crowell Company, 1929. (Reprinted 1961.)
Johnston, J. B.: The Nervous System of Vertebrates. Philadelphia, P. Blakiston's Son and Company, 1906.
Detweiler, S. R.: Neuroembryology. New York, The Macmillan Company, 1936.
Bullock, T. H.: The anatomical organization of the nervous system of Enteropneusta. Quart. J. Microscopical Sc. *86*:55–111, 1945.
Silén, L.: On the nervous system of Glossobalanus marginatus Meek. Acta Zoologica *31*:149–175, 1950.
Weiss, P. A.: In vitro experiments on the factors determining the course of the outgrowing nerve fiber. J. Exper. Zool. *68*:393 448, 1934.
Herrick, C. J.: The doctrine of nerve components and some of its applications. J. Comp. Neurol. *13*: 301–312, 1903.
Franz, V.: Nervensystem der Akranier. Jenaische Ztschr. Naturwissenschaft *59*:401–526, 1923.
Tretjakoff, D.: Das periphere Nervensystem des Flussneunauges. Ztschr. wissenschaftliche Zoologie, *129*:359–952, 1927.
Goodrich, E. S.: On the spinal nerves of the Myxinoidea. Quart. J. Microscopical Sc. *80*:153–158, 1937.
Lindström, T.: On the cranial nerves of the cyclostomes with special reference to the N. trigeminus. Acta Zoologica *30*:315–458, 1949.
Herrick, C. J.: The cranial nerves of the bony fishes. J. Comp. Neurol. *9*:153–455, 1899; cf. also *10*: 265–322, 1900; *11*:177–249, 1901.
Norris, H. W.: Cranial nerves of Siren lacertina. J. Morphol. *24*:245–338, 1913.
Watkinson, G. B.: The cranial nerves of Varanus bivittatus. Morphologisches Jahrbuch *35*:450–472, 1906.
Willard, W. A.: The cranial nerves of Anolis carolinensis. Bulletin, Museum of Comparative Zoology, Harvard *59*:17–116, 1915.
Mitchell, G. A. G.: Anatomy of the Autonomic Nervous System. Edinburgh and London, E. and S. Livingstone, Ltd., 1953.
Nicol, J. A. C.: Autonomic nervous systems in lower chordates. Biol. Rev. *27*:1–49, 1952.
Campenhout, E. van: Historical survey of the development of the sympathetic nervous system. Quart. Rev. Biol. *5*:23–50, 217–234, 1930.
Yntema, C. L., and Hammond, W. S.: The development of the autonomic nervous system. Biol. Rev. *22*: 344–359, 1947.
Boeke, J.: The autonomic (enteric) nervous system of Amphioxus lanceolatus. Quart. J. Microscopical Sc. *77*:623–658, 1935.
Johnels, A. G.: On the peripheral autonomic system of the trunk region of Lampetra planeri. Acta Zoologica *37*:251–285, 1956.
Young, J. Z.: The autonomic system of selachians. Quart. J. Microscopical Sc. *75*:571–624, 1933.
Young, J. Z.: On the autonomic nervous system of the teleostean fish, Uranoscopus scaber. Quart. J. Microscopical Sc. *74*:492–525, 1931.
Weed, L. W.: The development of the cerebro-spinal spaces in pig and in man, Carnegie Inst. Washington, Contrib. Embryol. *5*:3–116, 1917.
Stefanelli, A.: The mauthnerian apparatus in the Ichthyopsida. Quart. Rev. Biol. *21*:17–34, 1951.
Herrick, C. J.: The Brain of the Tiger Salamander. Chicago, University of Chicago Press, 1948.
Norris, H. W., and Hughes, S. P.: The cranial, occipital and anterior spinal nerves of the dogfish. J. Comp. Neurol. *31*:293–395, 1920.
Portmann, A.: Études sur la cérébralisation chez les oiseaux. Alauda *14*:2–20, 1946; *15*:1–15, 1947.
Herrick, C. J.: Brains of Rats and Men. Chicago, University of Chicago Press, 1926.
Krieg, W. J. S.: Functional Neuroanatomy. Philadelphia, Blakiston Company, 1942.
Larsell, O.: The development of the cerebellum in man in relation to its comparative anatomy. J. Comp. Neurol. *87*:85–129, 1947.

## ENDOCRINE ORGANS

Turner, C. D.: General Endocrinology. 2nd ed. Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1960
Gorbman, A., editor: Comparative Endocrinology. New York, John Wiley and Sons, 1959.
Pickford, G. E., Palay, S. L., Chambers, H. A., and Atz, E. H.: Fish endocrinology. Bulletin of the Bingham Oceanographic Collection *14*:1–16, 1953.
Green, J. D.: The comparative anatomy of the hypophysis, with special reference to its blood supply and innervation. Am. J. Anat. *88*:225–311, 1951.
Fields, W. S., Guillemin, R., and Carton, C. A., editors: Hypothalamic-hypophysial Interrelationships. A Symposium. Houston, Baylor University College of Medicine, 1956.
Bargmann, W.: The neurosecretory system of the diencephalon. Endeavour *19*:125–133, 1960.

Lynn, G. W., and Wachowski, H. E.: The thyroid gland and its functions in cold-blooded vertebrates. Quart. Rev. Biol. *26:*123–168, 1951.
Goldsmith, E. D.: Phylogeny of the thyroid: descriptive and experimental. Ann. New York Acad. Sc. *50.* 282–316, 1949.
Boyd, J. D.: The development of the thyroid and parathyroid glands and the thymus. Ann. Roy. Coll. Surgeons England *7:*455–471, 1950.
Watzka, M.: Vergleichende Untersuchungen über den ultimobranchialen Körper. Ztschr. mikroscopisch-anatomisches Forschung *34:*485–533, 1933.
Marshall, F. H. A.: The Physiology of Reproduction. London, Longmans, Green, 1960.

## LOWER CHORDATES

Grassé, P.-P., editor: Traité de Zoologie. Tome XI. Échinodermes-Stomocordés- Procordés. Paris, Masson et Cie, 1948. Contains a comprehensive account of lower chordates by Dawydoff, Brien, Drach, and others.
Garstang, W.: The morphology of Tunicata. Quart. J. Microscopical Sc. 72:51–187, 1928.
Franz, V.: Morphologie der Acranier. Ergebn. Anat. u. Entwicklungsgeschichte *27:*464–692, 1927.
Willey, A.: Amphioxus and the Ancestry of Vertebrates. New York, Columbia University, 1894.

## FISHES

Dean, B.: A Bibliography of Fishes. 3 vols. New York, American Museum of Natural History, 1916-1923.
Berg, L. S.: Classification of Fishes, Both Recent and Fossil. Ann Arbor, Edwards Bros., 1947. A translation of a Russian original. A new edition in Russian published in 1949.
Goodrich, E. S.: A Treatise on Zoology, edited by E. Ray Lankester. Part IX. Vertebrata Craniata, Fascicule I. "Cyclostomes and Fishes." London, The Macmillan Company, 1909. A mine of data on fish anatomy; badly indexed, however.
Norman, J. R.: A History of Fishes. 3rd ed. London, Ernest Benn, Ltd., 1947. Life history, habits, and so on, as well as structure.
Bigelow, H. B., and Schroeder, W. C., editors: Fishes of the Western North Atlantic. New Haven, Sears Foundation for Marine Research, 1948. Designed as a comprehensive account of marine fishes. The first two volumes mainly devoted to sharks and rays.
Moy-Thomas, J. A.: Palaeozoic Fishes. London, Methuen and Co., Ltd., 1939.
Romer, A. S.: The early evolution of fishes. Quart. Rev. Biol. *21:*33–69, 1946.
Brown, M. E.: The Physiology of Fishes. 2 vols. New York, Academic Press, 1957. Despite the limitation of the title, gives in the main a comprehensive account of fish biology and anatomy.
Breder, C. M.: The locomotion of fishes. Zoologica (New York) *4:*159–297, 1926.
Allis, E. P. Jr.: The cranial muscles and cranial and first spinal nerves in Amia calva. J. Morphol. *12.* 487–808, 1897. This and the following works by Allis are well-illustrated accounts of cranial anatomy.
Allis, E. P. Jr.: The skull and cranial and first spinal muscles and nerves in Scomber scomber. J. Morphol. *18:*45–328, 1903.
Allis, E. P. Jr.: The cranial anatomy of the mail-cheeked fishes. Zoologica (Stuttgart) *22:*1–219, 1909.
Allis, E. P. Jr.: Cranial anatomy of Polypterus. J. Anat. *56:*189–294, 1922.
Allis, E. P. Jr.: The cranial anatomy of Chlamydoselachus anguineus. Acta Zoologica *4:*123–221, 1923.
Cole, F. J.: A monograph on the general morphology of the myxinoid fishes, based on a study of Myxine. Tr. Roy. Soc. Edinburgh, *49:*293–344, 1913.
Daniel, J. F.: The Elasmobranch Fishes. 3rd ed. Berkeley, University of California Press, 1934. Shark anatomy.
Dean, B.: Chimaeroid fishes. Carnegie Institution of Washington, Publication 32, 1906.
Millot, J.: Le troisième coelacanthe. Le Naturaliste Malagache, 1er Supplement, 1954. Superficial structures of Latimeria.
Millot, J., and Anthony, J.: Anatomie de Latimeria chalumnae. I. Squelette, Muscles et Formations de Soutien. Paris, Centre National de la Recherche Scientifique, 1958. The first of a series of anatomical monographs on this interesting animal.
Greil, A.: Entwickelungsgeschichte des Kopfes und des Blutgefässsystems von Ceratodus forsteri. Semon's Zoologische Forschungsreise in Australien *1:*661–1492, 1908–1913.

## AMPHIBIA

Noble, G. K.: The Biology of the Amphibia. New York, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1931; reprinted by Dover Publications, New York, 1954.
Francis, E. T. B.: The Anatomy of the Salamander. London and New York, Oxford University Press, 1934.
Ecker, A., Wiedersheim, R., and Gaupp, E.: Anatomie des Frosches. 3 vols., 2nd ed. Braunschweig, Friedrich Viewig und Sohn, 1888–1904. A thorough account of frog anatomy, which has passed through the hands of three successive authors.
Holmes, S. J.: The Biology of the Frog. 4th ed. New York, Macmillan Company, 1927.
Wiedersheim, R.: Die Anatomie der Gymnophionen. Jena, Gustav Fischer, 1879.
Romer, A. S.: Review of the Labyrinthodontia. Bulletin, Museum of Comparative Zoology, Harvard, *99:* 1–368, 1947.

## REPTILES

Bellairs, A. d'A.: Reptiles. London, Hutchinson's University Library, 1957.
Pope, C. H.: The Reptile World. New York, Alfred A. Knopf, 1955.
Ditmars, R. L.: Reptiles of the World. New York, The Macmillan Company, 1933.
Oliver, J. A.: The Natural History of North American Amphibians and Reptiles. Princeton, Princeton University Press, 1955.
Carr, A.: Handbook of Turtles, Ithaca, Cornell University Press, 1952.
Bellairs, A. d'A., and Underwood, G.: The origin of snakes. Biol. Rev. *26:*193–237, 1951.
Reese, A. M.: The Alligator and its Allies. New York, G. P. Putnam Sons, 1915.
Colbert, E. H.: Dinosaurs, Their Discovery and Their World. New York, E. P. Dutton and Company, 1961.
Williston, S. W.: Water Reptiles of the Past and Present. Chicago, University of Chicago Press, 1914.

## BIRDS

Pycraft, W. P.: A History of Birds. London, Methuen and Company, 1910. Includes anatomy.
Thompson, J. A.: The Biology of Birds. London, The Macmillan Company, 1923.
Newton, A., and Gadow, H.: A Dictionary of Birds. London, Adam and Charles Black, 1893–1896.
Strong, R. M.: A bibliography of birds. Publication, Field Museum of Natural History, Zoology, *25:* 1939–1959.
Marshall, A. J.: Biology and Comparative Physiology of Birds. 2 vols. New York, Academic Press, 1960–1961.
Wolfson, A., editor: Recent Studies in Avian Biology. Urbana, University of Illinois Press, 1955.
Bradley, O. C.: The Structure of the Fowl. 2nd ed. London, Oliver and Boyd, Ltd., 1938.
Chamberlain, F. W.: Atlas of Avian Anatomy. East Lansing, Michigan State College, Agricultural Experiment Station, 1943.
Heilmann, G.: The Origin of Birds. New York, D. Appleton-Century Company, 1926.
Holmgren, N.: Studies on the phylogeny of birds. Acta Zoologica *36:*243–328, 1955.
Fürbringer, M.: Untersuchungen zur Morphologie und Systematik der Vögel, Zugleich ein Beitrag zur Anatomie des Stütz- und Bewegungsorgane. 2 vols. Amsterdam and Jena, Gustav Fischer, 1888. Old but still basic work, including excellent comparative anatomical data.
Boas, J. E. V.: Biologisch-anatomische Studien über den Hals der Vögel. Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, naturvidenskabelig og mathematisk Afdeling, Series 9, *1:*101–222, 1929
Webb, M.: The ontogeny of the cranial bones, cranial peripheral and cranial parasympathetic nerves, together with a study of the visceral muscles of Struthio. Acta Zoologica *38:*81–203, 1957.
Groebbels, F.: Der Vogel. Volume 1. Atmungswelt und Nahrungswelt. Berlin. Gebrüder Borntraeger 1932. Volume 2. Geschlecht und Fortpflanzung, 1937.
De Beer, G.: Archaeopteryx lithographica. London, British Museum (Natural History), 1954.

# MAMMALS

Simpson, G. G.: The principles of classification and a classification of mammals. Bulletin, American Museum of Natural History *88*:1–350, 1945.

Weber, M., Burlet, H. M. de, and Abel, O.: Die Säugetiere. 2 vols., 2nd ed. Jena, Gustav Fischer, 1927–1928. A standard work on mammalian anatomy and classification.

Flower, W. H., and Lydekker, R.: An Introduction to the Study of Mammals, Living and Extinct. London, Adam and Charles Black, 1891. Old, but still useful.

Bourlière, F.: The Natural History of Mammals. New York, Alfred A. Knopf, 1954.

Young, J. Z.: The Life of Mammals. London, Oxford University Press, 1957

Sisson, S., and Grossman, J. D.: The Anatomy of the Domestic Animals. 3rd ed. Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1938. A comprehensive account of horse anatomy; ox, sheep, pig, and dog are covered more briefly.

Davison, A., and Stromsten, F. A.: Mammalian Anatomy, with Special Reference to the Cat. 7th ed. Philadelphia, P. Blakiston's Son and Company, 1937.

Reighard, J. E., and Jennings, H. S.: Anatomy of the Cat. 3rd ed. New York, Henry Holt and Company, Inc., 1935.

Bradley, O. C., and Grahame, T.: Topographical Anatomy of the Dog. 5th ed. New York, The Macmillan Company, 1943.

Baum, H., and Zietzschmann, O.: Handbuch der Anatomie des Hundes. Berlin, P. Parey, 1936.

Greene, E. C.: Anatomy of the rat. Tr. Am. Philosophical Soc. (n.s.) *27*:1–370, 1935.

Howell, A. B.: Anatomy of the Wood Rat. Baltimore, Williams and Wilkins Company, 1926.

Gerhardt, U.: Das Kaninchen. Leipzig, H. E. Ziegler and R. Woltereck, 1909.

Ellerman, J. R.: The Families and Genera of Living Rodents. 3 vols. London, British Museum (Natural History), 1940–1949

Bensley, B. A., and Craigie, E. H.: Practical Anatomy of the Rabbit. 8th ed. Philadelphia, Blakiston Company, 1948.

Howell, A. B.: Aquatic Mammals. Springfield, Illinois, Charles C Thomas, 1930.

Slijper, E. J.: Die Cetaceen, Vergleichend-Anatomisch und Systematisch. Capita Zoologica *6*, *7*:1–590, 1936.

Nickel, R., Schummer, A., and Seiferle, E.: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Bd. 1: Bewegungsapparat. 2nd ed. Berlin and Hamburg, Parey, 1961. Bd. 2 Eingeweide, 1960.

Hill, W. C. O.: Primates, Comparative Anatomy and Taxonomy. 3 vols. Edinburgh, University Press, 1953, 1955, 1957. Planned to include all primates; volumes on higher forms have not yet appeared.

Hofer, H., Schultz, A. H., and Starck, D., editors: Primatologia. 4 vols. Basel, Karger, 1956–1958. Not yet complete.

LeGros Clark, W. E.: Early Forerunners of Man. Baltimore, Williams and Wilkins Company, 1934. A discussion of the anatomy of lower primates.

Hartman, C. G., and Straus, W. L., Jr., editors: The Anatomy of the Rhesus Monkey. Baltimore, Williams and Wilkins Company, 1933.

Howell, A. B.: Gross Anatomy: A Brief Systematic Presentation of the Macroscopic Structure of the Human Body. New York, D. Appleton-Century Company, Inc., 1939. More detailed accounts of human anatomy are available in the larger standard texts, such as Cunningham, Gray, and Morris.

Woollard, H. H.: The anatomy of Tarsius spectrum. Proc. Zool. Soc. London *70*:1071–1184, 1936.

LeGros Clark, W. E.: History of the Primates. 6th ed. London, British Museum (Natural History), 1958.

LeGros Clark, W. E.: The Antecedents of Man. Chicago, Quadrangle Books, 1960.

# كشاف تحليلى

## (أ)

— ب —

— ت —

— ث —

## — ج —

## — ح —

| | |
|---|---|
| dermal of hair | حلمة أدمية للشعرة ١٧٢ |
| Larynx | حنجرة ٢٧٩ ، ٢٨٧ |
| skeleton of | هيكل الحنجرة ٢٥٨ |
| Palate | حنك ٢٤٦ |
| in bony fishes | الحنك فى الأسماك العظمية ٢٦٠ ، ٢٦٥ ، ٢٧٠ |
| in primitive amphibians | الحنك فى البرمائيات البدائية ٢٦٥ |
| secondary | الحنك الثانوى ٢٨٢ |
| in tetrapods | الحنك فى الأربع قدميات ٢٧٩-٢٨٥ |
| Pelvic, obturator fenestra of | حوض ــ الثلمات المسدودة فى الحوض ٢٣٣ |
| renal | حوض بولى ٤٢٩ |
| sysphysis of | ارتفاق حوضى ٢٢٩ |
| thyroid fenestra | كورة درقية ٢٣١ |
| Perilymphatic cistern, duct and sac | حوض حول ليفى ــ قناه ــ كيس ٥٤٣ |
| Periotic | حول أذنى ٢٨٦ |
| Alveoli of lung | حويصلات الرئة ٣٨٤ |
| Follicle of egg | حويصلة البيض ٤٤٠ |
| of feather | جراب الشعرة ١٦٨ |
| of thyroid | حويصلة الغدة الدرقيه ٦١٥ |
| Crop, of birds | حوبصلية الطيور ٣٩٧ |
| Capsule, Bowman's, of kidney tubules | حويصلة بومان ٤١٦ فى أنيبيبات الكلية ٤١٣ |
| Optic capsule | حويصلة سمعية ٢١٤ |
| notch | فجوة سمعية ، ثلمة سمعية ، ٢٦٣ |
| Seminal vesicles. See Vesicular glands | حويصلة منوية |

— ر —

## — س —

— ص —

— ض —

## ـ ط ـ

— ظ —

## — ع —

## — غ —

## — ف —

— م —

## — ن —

— و —

رقم الايداع ٤٣٦٤ / ١٩٧١

مطبعة نهضة مصر

## هذا الكتاب

عبرة عن الانسان فى تكوين جسمه وتركيبه . بل عبرة هو كل كائن حى فى تكوينه وتركيب جسمه . يقف العلم مهما كان شامخا أمام الانسان منكس الرأس يدين له بالاجلال والمهابة كما يدين له بالولاء والانتماء .

ومع أن جميع الكائنات تشترك فى هذا الاعجاز الا أنها تتفاوت من حيث البساطة والتعقيد .

وقد تدرجت دراسة الانسان عبر الأزمان فازدادت أعماقها عمقا واتسعت امكانياتها فهى تشمل هذه الكائنات فى تركيبها الداخلى والخارجى .

وهذا الكتاب بين يديك يصب اضواءه على كل مايتصل بعلم الحيوان بصفة عامة ويركز هذا الضوء على الفقاريات خاصة . فهو للمشتغلين فى هذا الميدان مرجع لا غنى عنه .

انه كتاب لابد أن يقرأ




الثمن

فبراير ١٩٨٥

مطبعة نهضة مصر



Bibliotheca Alexandrina
0395818